

11442

О. С. ФЕДОРІВ

ВИКЛАДАЧ ХАРКІВСЬКОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ІНСТИТУТУ ІМ. В. І. ЛЕНІНА

ТЕОРЕТИЧНІ ВПРАВИ З ХЕМІЇ

ДЕРЖАВНЕ ТЕХНІЧНЕ ВИДАВНИЦТВО УКРАЇНИ

54 ✓
ХР 33
О. С. ФЕДОРІВ
ПРОФ. ХАРКІВСЬКОГО ХЕМТЕХНОЛ. ІНСТИТУТУ

ТЕОРЕТИЧНІ ВПРАВИ З ХЕМІЇ

ЗБІРКА ВПРАВ І ЗАДАЧ

ВИДАННЯ ДРУГЕ

НАУКМЕТОДСЕКТОР НКО ДОЗВОЛИВ ДО ВЖИТКУ
ЯК ПОСІБНИК ДЛЯ ВИШІВ ТА ХЕМТЕХНІКУМІВ
(ВІЗА Ч. 1056 ВІД 5/ХІІ 30 Р.)



ДЕРЖТЕХВИДАВ УКРАЇНИ
Харків 1931

Бібліографічний опис цього
видання вміщено в „Літописі
Укр. Друку“, „Картковому ре-
пертуарі“ та інших покажчиках
Української Книжкової Палати



Укрголовліт № 1173. 11/II 1931
Зам. № 3339. Тираж 10.200

ВІД АВТОРА

Одержавши кілька років тому доручення від хемічного факультету ХТІ провадити теоретичні вправи з хемії, я взяв за доцільне не лише проробляти лекційний матеріал, а й працювати із студентами коло таких загальних питань, як от: складання формул, будова хемічних сполук, складання рівнянь, обчислення вагових та об'ємових відносин за хемічних реакцій. Тим, що хемічні елементи відзначаються різноманітними індивідуальними особливостями й витворюють багато різних сполук, увага лекторова і слухачів зосереджується, природно, переважно на описі елементів та їхніх сполук. Отже, згаданих загальних питань торкаються мимохідь, ілюструючи їх одним-двома прикладами. А втім, досвід виявив, що хоч які елементарні ці загальні питання, але слухачі засвоюють їх куди важче за описову частину курсу й що ці питання слід систематично опрацювати, розглянувши відповідні приклади та розв'язавши задачі.

Я найбільшу віддаю увагу складанню формул, структурним формулам, складанню рівнянь та прикладанню Авогадрового закону, не спиняючись дуже на обчисленні вагових відносин за хемічних реакцій, ці бо обчислення легко й тривало засвоюється після кількох прикладів.

Зважаючи на те, що окремих прикладів та задач, поданих по деяких підручниках хемії, замало, а систематичних збірок вправ із згаданих питань нині не має, з пропозиції предметової комісії згодився я злітографувати цю невеличку збілочку, якою вже кілька років користуюся.

Збірка складається з двох частин. У першій доводиться орудувати виключно молекулярними рівняннями. Теорію електrolітичної дисоціації та прикладання її подано у другій частині.

Друга частина має на меті, поперше, виявити на прикладах та задачах значіння теорії електролітичної дисоціації для хемії неорганічної, подруге, дати деяке спосіблення до вивчення аналітичної хемії. Тим, що в лекціях неорганічної хемії теорію електролітичної дисоціації подається стисло, висвітлюється мимохідь (звичайно у лекціях про водяні розчини), а тоді вона відступає на бік, і виклад ведуть далі на підставі молекулярних рівнянь, — у другій частині пояснювальному текстові приділено порівняно куди більше місця, як у частині першій.

Приклади та задачі почасти я сам склав, почасти позичав з отаких книжок:

W. Bahrdt. Stöchiometrische Aufgabensammlung.

S. H. Bailey. First Stage Inorganic Chemistry.

J. Biehringer. Einführung in die Stöchiometrie.

P. D. Bräuer. Aufgaben aus der Chemie und physikalischen Chemie.

S. Lupton. Chemical Arithmetic.

F. J. Wilson and I. M. Heilbron. Chemical Theory and Calculations.

Дж. Нокс. Элементарные химические теории и задачи.

А. А. Яковкин. Основные законы и понятия химии.

Та з різних руських і закордонних підручників хемії неорганічної, аналітичної й фізичної.

Літографоване видання збірки розійшлося протягом одного шкільного року. З цього я бачу, що для учнів вона відповідає своєму призначенню — полегшити вивчення неорганічної хемії.

Готуючи цю збірку до друку, я в ній дещо виправив, а дещо додав.

О. С. Федорів

РОЗДІЛ

СКЛАДАННЯ ФОРМУЛ. СТРУКТУРНІ ФОРМУЛИ

1. Формулу сполуки з двох елементів загально можна зобразити ось як: A_mB_n , де А й В — хемічні с имболи атомів цих елементів, m і n — числа атомів кожного елементу в молекулі сполуки. Щоб знайти m і n, конче треба знати валентності елементів А і В. Звичайно валентність визначають як кількість атомів водню, що з ним сполучається 1 атом цього елементу, або кількість атомів водню, яку заступає (витискає) 1 атом даного елементу. Напр., хлор сполучається з воднем, як кажуть, „атом на атом“ (утворюючи водень-хлорид HCl); отже, хлор одновалентний. 1 атом кисню сполучається з двома атомами водню, утворюючи молекулу води H_2O . Отже, кисень двовалентний. 1 атом азоту сполучається з трьома атомами водню, утворюючи амоніак NH_3 ; отже, азот тривалентний. Вуглець, що утворює сполуку CH_4 (метан) — чотиривалентний. Металі натрій та калій заступають атоми водню, напр., у сульфатовій кислоті H_2SO_4 „атом на атом“, утворюючи сполуки $NaHSO_4$, або $KHSO_4$ та Na_2SO_4 , або K_2SO_4 ; отже, натрій та калій одновалентні. Атом цинку заступає два атоми водню сульфатової кислоти (утворюється $ZnSO_4$); отже, цинк двовалентний і т. ін.

Механізм сполучення атому одного одновалентного елементу з атомом одновалентного елементу подають так: атом одновалентного елементу має одну валентність, одну одиницю споріднення, один зв'язок, що можна позначити так: $A—$, $B—$; сполучення цих двох атомів позначаємо як зустріч та злиття цих зв'язків, тобто як $A—.—B$, або, коротше, $A—B$, або, нарешті, ще простіше AB . Механізм сполучення атому двовалентного елементу А з двома атомами одновалентного елементу В можна позначити як $A \begin{smallmatrix} <— & B \\ — & B \end{smallmatrix}$, або

3. Написати формули:

водень - сульфід $(\overset{(2)}{\text{S}} \text{ з } \text{H})$ барій - хлориду $(\overset{(2)}{\text{Ba}} \text{ з } \overset{(1)}{\text{Cl}})$ залізоII - сульфід $(\overset{(2)}{\text{Fe}} \text{ з } \overset{(2)}{\text{S}})$ вуглецьIV - сульфід $(\overset{(4)}{\text{C}} \text{ з } \overset{(2)}{\text{S}})$

4. Написати формули:

залізоII - хлориду $(\overset{(2)}{\text{Fe}} \text{ з } \overset{(1)}{\text{Cl}})$ залізоIII - хлориду $(\overset{(3)}{\text{Fe}} \text{ з } \overset{(1)}{\text{Cl}})$ стибійIII - сульфід $(\overset{(3)}{\text{Sb}} \text{ з } \overset{(2)}{\text{S}})$ арсенV - оксиду $(\overset{(5)}{\text{As}} \text{ з } \overset{(2)}{\text{O}})$

5. Написати структурні формули:

азотIII - оксиду (N_2O_3)азотV - оксиду (N_2O_5)залізоII - оксиду (FeO)залізоIII - оксиду (Fe_2O_3)

6. Написати структурні формули:

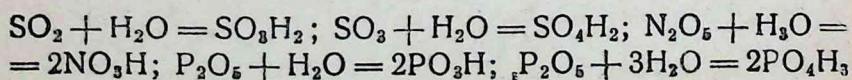
водень - сульфід (H_2S)сіркаIV - оксиду (SO_2)сіркаVI - оксиду (SO_3)фосфорV - оксиду (P_2O_5)

7. Написати структурні формули:

води (H_2O)меркурійII - оксиду (HgO)вуглецьIV - сульфід (CS_2)вуглецьIV - оксиду (CO_2)

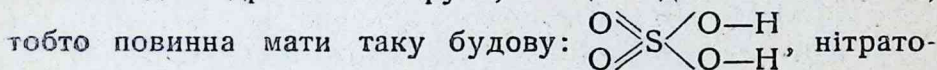
Сполуки з трьох елементів можуть бути (у хемії неорганічній): 1) кислоти; 2) основи; 3) солі.

Кислоти. Розгляд формул кислот (визначення взаємних зв'язків поміж атомами) полегшують такі міркування. Кислота — це сполука кислотного оксиду (ангідриду) з водою:

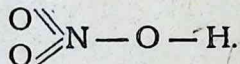


тощо. (Звичайно, за винятком безкисневих кислот — HF, HCl, HBr, HI, H₂S, HCN, HCNS тощо). Очевидячки, валентність елементу в ангідриді й в кислоті повинна бути одна. Якщо сірка шестивалентна в ангідриді SO₃, вона шестивалентна й в кислоті SO₄H₂; азот і фосфор, п'ятивалентні в ангідридах N₂O₅ та P₂O₅, п'ятивалентні та само і в кислотах NO₃H, PO₃H, PO₄H₃.

Кожний атом водню кислоти, що його може заступити метал, завжди буває зв'язаний з центральним атомом (тобто з атомом елементу, ім'ям якого називається дана кислота) не безпосередньо, але через атом кисню, входячи в гідроксильну групу — O—H, злучену (другим зв'язком кисневого атому) з центральним атомом. Напр., сульфатова кислота SO₄H₂ має в собі атом шестивалентної сірки, що з ним зв'язано дві гідроксильні групи, та ще й два атоми кисню, тобто повинна мати таку будову:



нітратова кислота NO₃H має в собі атом п'ятивалентного азоту, злучений з одною гідроксильною групою, ще й з двома атомами кисню, тобто має таку будову:



Існує такий принцип поділу кислот на ортокислоти, метакислоти, пірокислоти та полікислоти.

Ортокислота — це кислота, збудована так, що з атомом металюїду зв'язано стільки гідроксильних груп, яка валентність даного металюїду. Приклади: ортоборатова кислота B(OH)₃, ортосилікатова Si(OH)₄, ортоарсенітова As(OH)₃, ортокарбонатова C(OH)₄; остання відома лише у вигляді деяких своїх похідних.

Вилучаючи 1 молекулу води з 1 молекулі ортокислоти, здобуваємо метакислоту: метаборатну BO₂H, метасилікатову SiO₃H₂ та інші.

Не знаючи для якогось елементу ортокислоту в згаданому вище розумінні, називаємо ортокислотою найближчу до неї складом своїм. Напр., ортофосфатова кислота повинна мати такий склад — P(OH)₅, або H₅PO₅; але такої кислоти ми досі не знаємо (не здобули), а знаємо лише кислоти H₃PO₄ та HPO₃, отже (умовно) кислоту H₃PO₄ називаємо ортофосфатова, а кислоту HPO₃ — метафосфатова кислота.

Ортосульфатова кислота повинна мати такий склад: $S(OH)_6$, або H_6SO_6 ; але дотепер ми не знаємо такої кислоти, не знаємо ми й кислоту H_4SO_5 , відома лише остання в ряді сульфатових кислот, а саме H_2SO_4 .

3 нітратових кислот ми не знаємо ані $N(OH)_5$, або H_5NO_5 , ані H_3NO_4 . Знаємо лише останню, саме HNO_3 .

Пірокислотами або двокислотами називають кислоти, що їх можна вважати за наслідок вилучення 1 молекулі води з 2 молекул кислоти; коли ж для даного елементу знаємо не одну, а кілька кислот, тоді пірокислотою називаємо кислоту, здобуту відщепленням 1 молекулі води з 2 молекул ортокислоти. Напр., пірофосфатовою кислотою називаємо ми кислоту $H_4P_2O_7$, піросульфатовою — $H_2S_2O_7$, пірохроматовою (або двохроматовою) — $H_2Cr_2O_7$.

Полікислотами називаються кислоти, утворені з трьох більше молекул кислоти через відщеплювання відповідної кількості молекул води з сусідніх гідроксильних груп.

Так звані тіокислоти (відомі лише для арсену, стибію та цини) складом своїм та будовою цілком аналогічні кислотам кисневим цих трьох елементів і відзначаються від них тим, що місце кисню посідає сірка (двовалентна).

ВПРАВИ

8. Написати структурні формули:
метафосфатової кислоти (HPO_3)
ортофосфатової кислоти (H_3PO_4)
пірофосфатової кислоти ($H_4P_2O_7$)
9. Написати структурні формули:
метаарсенатової кислоти ($HAsO_3$)
ортоарсенатової кислоти (H_3AsO_4)
піроарсенатової кислоти ($H_4As_2O_7$)
10. Написати структурні формули:
метастибіатової кислоти ($HSbO_3$)
ортостибіатової кислоти (H_3SbO_4)
піростибіатової кислоти ($H_4Sb_2O_7$)
11. Показати будову молекул:
ортостибіатової кислоти (SbO_3H_3)
піростибіатової кислоти ($H_4Sb_2O_5$)
піросульфатової кислоти ($H_2S_2O_7$)

12. Показати будову кислот:

гіпохлоритової (ClOH)

хлоритової (ClO_2H)

хлоратової (ClO_3H)

перхлоратової (ClO_4H)

13. Написати структурну формулу кислоти $\text{H}_2\text{Cr}_3\text{O}_{10}$ і назвати цю кислоту.

14. Написати структурну формулу кислоти $\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$ і назвати цю кислоту.

15. Написати формулу й показати структуру двоорто-силікатової кислоти.

16. Написати формулу й показати структуру двомета-силікатової кислоти.

17. Написати формулу й показати структуру триорто-силікатової кислоти.

18. Написати формулу й показати структуру тримета-силікатової кислоти.

Основи. Так називають сполуки основних (металічних) оксидів з водою, напр., $\text{K}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{KOH}$; $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe(OH)}_3$. Основи завжди мають формулу $\text{R(OH)}_n^{(n)}$, тобто з атомом металю злучено гідроксильні групи в числі рівному валентності даного елементу.

Отже, бачимо аналогію поміж складом та будовою основ і поміж складом та будовою ортокислот (у точному розумінні). Різниця поміж основами та ортокислотами виявляється в тому, що в реакціях бере участь геть уся гідроксильна група основи, саме як група OH , а в кислотах лише єдина активна, порушна частина — водень; щождо кисню гідроксильної групи кислоти, він за хемічних реакцій лишається сполучений з метальюдом.

ВПРАВИ

19. Написати формулу й показати структуру натрій-гідроксиду, знаючи, що натрій одновалентний:

барій-гідроксиду ($\text{Ba}^{(2)}$)

алюміній-гідроксиду ($\text{Al}^{(3)}$)

20. Написати формулу й показати структуру:

цинк - гідроксиду $(\text{Zn})^{(2)}$

мідь II - гідроксиду $(\text{Cu})^{(2)}$

хром III - гідроксиду $(\text{Cr})^{(3)}$

Нормальні солі. Кожну нормальну сіль звичайно розглядають як кислоту, що в ній водневі атоми заступив метал. Напр., калій - нітрат KNO_3 розглядають як продукт заступлення водневого атому нітратової кислоти HNO_3 атомом металю калію; ZnSO_4 — продукт заступлення двох водневих атомів сульфатової кислоти H_2SO_4 атомом двовалентного цинку (натрій - сульфат) Na_2SO_4 — продукт заступлення двох водневих атомів сульфатової кислоти H_2SO_4 двома одновалентними атомами натрію й т. ін. Але іноді, особливо щоб скорше орієнтуватися, складаючи формули, зручно розглядати, напр., KNO_3 як сполуку $\text{K}^{(1)}$ з $(\text{NO}_3)^{(1)}$ ZnSO_4 — як сполуку $\text{Zn}^{(2)}$ з $(\text{SO}_4)^{(2)}$ тощо, тобто розглядати сіль як сполуку одного або кількох атомів металю з „залишком кислоти“, тобто залишком, який можна здобувати, коли від молекулі кислоти відняти атоми водню. Віднімаючи від молекулі кислоти атоми водню, тим самим визволяємо в залишку кислоти відповідну кількість зв'язків (що втримували атоми водню), тобто залишок кислоти має стільки вільних зв'язків, скільки було при ньому атомів водню. Очевидячки, щоб сполучитися з залишком кислоти, один або кілька атомів металю повинні мати стільки зв'язків, скільки вільних зв'язків має кислотний залишок. Напр. $(\text{NO}_3)^{(1)}$, залишок азотової кислоти HNO_3 , може сполучитися лише з одним атомом одновалентного металю; $(\text{SO}_4)^{(2)}$, залишок сульфатової кислоти H_2SO_4 , може сполучитися з двома атомами одновалентного металю або з одним атомом двовалентного металю.

Розгляньмо складніші приклади.

Треба скласти формулу кальцій - ортофосфату. Сіль цю можна розглядати, як сполуку остачі фосфатової кислоти $(\text{PO}_4)^{(3)}$ з атомами кальцію $\text{Ca}^{(2)}$; з попереднього ясно, що сполука повинна бути така: $(\text{PO}_4)_2\text{Ca}$.

Формула алюміній - сульфату — сполуки $(\text{SO}_4)^{(2)}$ з $\text{Al}^{(3)}$ — має бути $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

ВПРАВИ

21. Написати формули солей: кислот HCl , H_2SO_4 , H_3PO_4 з металами $\overset{1}{\text{K}}$, $\overset{2}{\text{Ca}}$, $\overset{3}{\text{Fe}}$.

22. Написати формули солей: кислот HNO_3 , H_2CrO_4 , H_3AsO_4 з металами $\overset{1}{\text{Na}}$, $\overset{2}{\text{Ba}}$, $\overset{3}{\text{Al}}$.

23. Написати формули таких солей: калій - хлориду, кальцій - хлориду, алюміній - хлориду, натрій - нітрату, цинк - нітрату, залізоIII - нітрату.

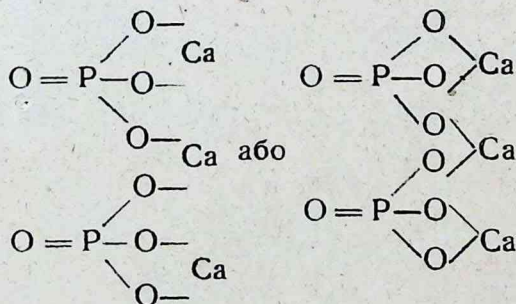
24. Написати формули солей: натрій - сульфату, цинк - сульфату, алюміній - сульфату, натрій - фосфату, барій - фосфату, залізоIII - фосфату.

25. Написати формули солей: калій - піросульфату, калій - пірохромату, натрій - пірофосфату, магnezій - пірофосфату, натрій - піроарсеніату, алюміній - пірофосфату.

26. Написати формули солей: натрій - метафосфату, кальцій - метафосфату, алюміній - метаарсеніату.

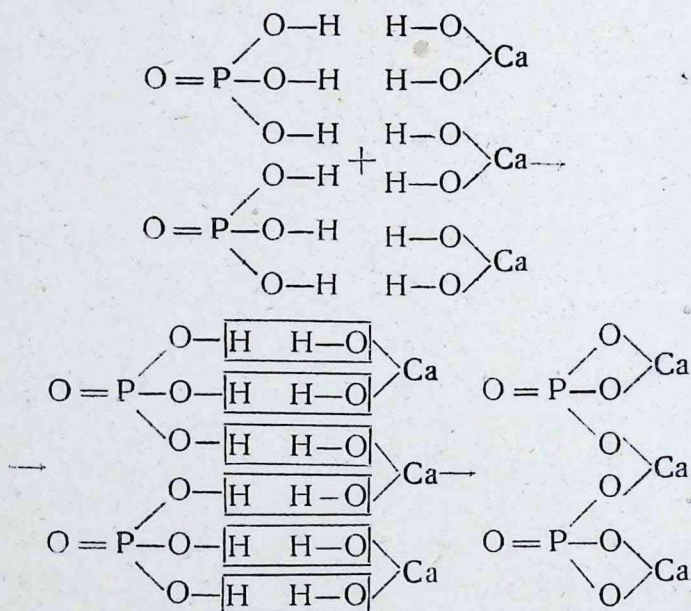
Щодо структури нормальної соли, її можна визначити різними способами (що по суті сходять на один).

1. Написати одно після одного відповідні числа залишків кислоти (структурно, зазначаючи вільні зв'язки) та атомів металю (так само вказуючи зв'язки) й злити зустрічні зв'язки; напр., для кальцій - фосфату треба написати:



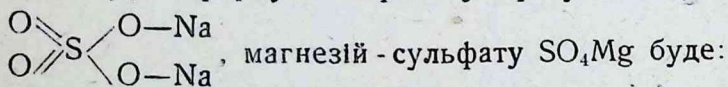
2. Написати структурні формули кислоти та основи; числа молекул кислоти й основи слід добирати такі, щоб число водневих атомів кислоти дорівнювало числу гідро-

кисільних груп основ, і відокремити відповідне число молекул води, складаючи кожену молекулу води з 1 атому водню кислоти та 1 гідроксилу основи. Напр., ту саму формулу кальцій-фосфату можна здобути таким способом:



Так структурно подається процес неутралізації кислоти основою: $2\text{PO}_4\text{H}_3 + 3\text{Ca}(\text{OH})_2 = (\text{PO}_4)_2\text{Ca}_3 + 6\text{H}_2\text{O}$.

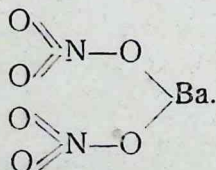
3. Нарешті, можна ще легше здобути структурну формулу нормальної соли із структурної формули відповідної кислоти, заміщаючи атоми водню кислоти металом. Напр., структурна формула натрій-сульфату SO_4Na_2 буде така:



магній-сульфату SO_4Mg буде:

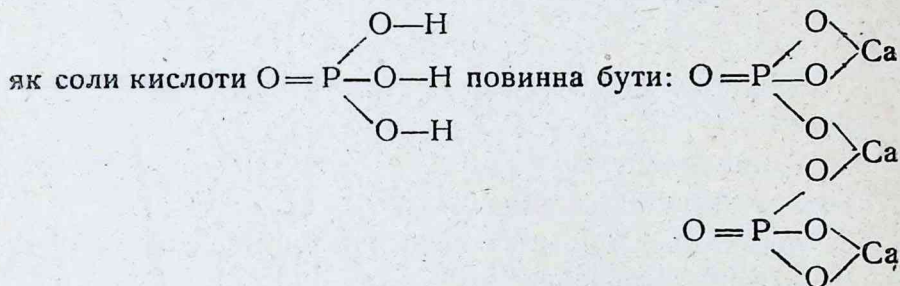
$$\begin{array}{ccc}
 \text{O} & & \text{O} \\
 \parallel & & \diagdown \quad \diagup \\
 \text{O}=\text{S} & & \text{O} \\
 \diagup \quad \diagdown & & \diagup \quad \diagdown \\
 \text{O} & & \text{O}
 \end{array} \text{Mg.}$$

барій-нітрату $(\text{NO}_3)_2\text{Ba}$ структурна формула буде така:



До складнішої структурної формули, напр., кальцій-фосфату $(\text{PO}_4)_2\text{Ca}$ можна підійти таким чином: у молекулі

фосфатової кислоти є три атоми водню, що їх може заступити метал; кожний атом кальцію заступає 2 атоми водню; отже, щоб метал цілковито заступив водень кислоти, потрібні 3 атоми кальцію на 2 молекулі фосфатової кислоти (найменше кратне 3 і 2 є 6; $6:3=2$; $6:2=3$); виходячи з цих міркувань, знов доходимо висновку, що структурна формула кальцій - фосфату



ВПРАВИ

27. Подайте структуру солей: залізоII -сульфату, залізоIII -сульфату, калій - нітрату, цинк - нітрату, алюміній - нітрату.

28. Подайте структуру солей, згаданих у вправі 21.

29. Подайте структуру солей, згаданих у вправі 22.

30. Подайте структуру солей, згаданих у вправі 23.

31. Подайте будову солей, згаданих у вправі 24.

32. Подайте будову солей, згаданих у вправі 25.

33. Подайте будову солей, згаданих у вправі 26.

34. Мінерал оливін у мінералогії визначають так: $\text{SiO}_2 \cdot 2\text{MgO}$. Розгляньте, яка це сполука, виявіть її структуру та подайте хемічну назву її.

35. Подайте структуру сполуки $2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{MgO}$ або $\text{Si}_2\text{O}_7\text{Mg}_3$ та дайте їй хемічну назву.

36. Подайте структуру сполуки $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ та дайте їй хемічну назву.

37. Мінерал тальк часто-густо позначають як $4\text{SiO}_2 \cdot 3\text{MgO}$. Подайте структуру цієї сполуки та хемічну назву її.

Гідросоли (кислі солі). Звичайно гідросіль визначають як продукт неповного заступлення атомів водню кислоти атомами металю; наприклад, H_2SO_4 — сульфатова кислота, SO_4HNa — кисла натрійна сіль сульфатової кислоти, натрій -

гідросульфат; SO_4Na_2 — нормальна натрійна сіль сульфатової кислоти, натрій-сульфат; PO_4H_3 — фосфатова кислота, $\text{PO}_4\text{H}_2\text{Na}$ або $(\text{PO}_4\text{H}_2)\text{Ca}$ — гідросоли, PO_4HNa_2 або PO_4HCa — гідросоли, PO_4Na_3 або $(\text{PO}_4)_2\text{Ca}_3$ — нормальні солі.

Вміючи складати формули нормальних солей та подавати їхні структури, вже не важко скласти формулу якої завгодно гідросоли та подати її структуру.

ВПРАВИ

38. Написати формулу та подати структуру калій-гідросульфату.

39. Написати формулу та подати структуру натрій-гідрокarbonату, кальцій-гідрокarbonату.

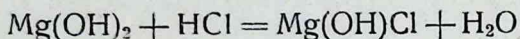
40. Написати формули та подати будову кислих калійних солей ортофосфатової кислоти.

41. Подати будову кислих кальційних солей фосфатової кислоти PO_4HCa та $(\text{PO}_4\text{H}_2)_2\text{Ca}$.

Основні солі. Подібно до того, як гідросолями називають солі, що являють собою продукт неповного заступлення водню кислоти металом (тобто, що мають один або два незаступлені атоми водню кислоти), основними солями називають солі, що зберігають один або два гідроксили. Їх можна вважати за продукт такого взаємодіяння між кислотою та основою, коли не всі гідроксили основи сполучаються з атомами водню кислоти (з утворенням води). Це трапляється тоді, коли число гідроксилів основи більше за число водневих атомів кислоти. Основні солі відомі лише для слабких основ: $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Zn}(\text{OH})_2$, $\text{Hg}(\text{OH})_2$, $\text{Cu}(\text{OH})_2$, $\text{Pb}(\text{OH})_2$, $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Cr}(\text{OH})_3$, $\text{Bi}(\text{OH})_3$.

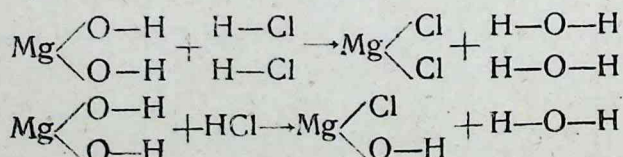
Напр.: $\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.

Нормальна сіль

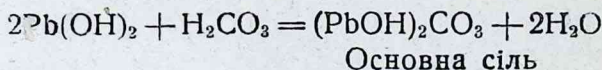
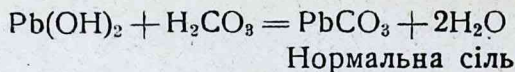


Основна сіль

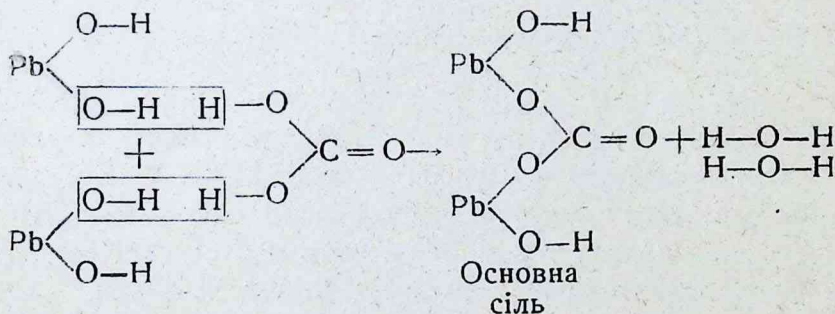
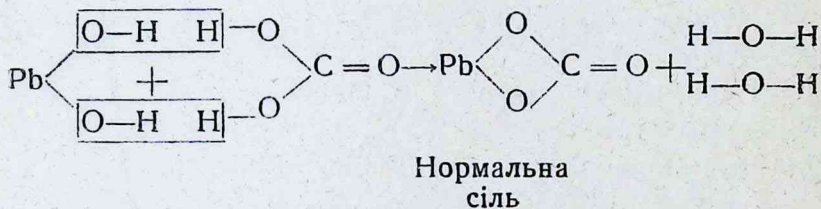
або структурно:



Ще приклад:



Дві останні реакції структурно подаємо так:



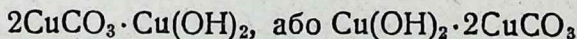
Основний оливоII-карбонат $(\text{PbOH})_2\text{CO}_3$ часто - густо (хоч цілком хибно) позначають як $\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$, тобто яко сполуку нормального карбонату з оливоII-гідроксидом.

ВПРАВИ

42. Подати структуру основного магnezій-карбонату (яку звичайно позначають як $\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2$).

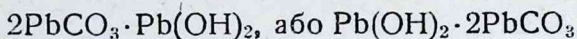
43. Подати будову основного мідьII-сульфату складу $\text{Cu}_2\text{SO}_4(\text{OH})_2$.

44. Подати будову основних мідь-карбонатів, що їх звичайно позначають як $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ та



45. Подати будову цинк-карбонатів $\text{ZnCO}_3 \cdot \text{Zn}(\text{OH})_2$ та $2\text{ZnCO}_3 \cdot \text{Zn}(\text{OH})_2$.

46. Подати будову основного оливоII - карбонату, що його часто - густо позначають як



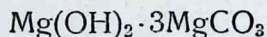
47. Написати формули та подати будову нормального й основних бісмут - нітратів солей.

48. Написати формули та подати будову основних алюмінійних солей хлоридної кислоти.

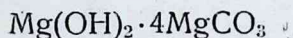
49. Подати структуру основного ртутіII - нітрату $\text{Hg}(\text{NO}_3)\text{OH}$.

50. Написати формулу та подати будову основного оливоII - нітрату.

51. Подати будову основного магнієвий - карбонату

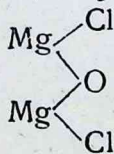


52. Подати будову основного магнієвий - карбонату

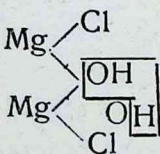


53. Написати структурну формулу основного оливоII хромату; звичайно її позначають так: $\text{PbCrO}_4 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$.

Основні солі можуть втрачати молекулу води коштом двох гідроксильних груп. Тоді постають основні солі, що не мають гідроксильних груп. Напр., окрім основної магнієвої соли хлоридної кислоти $\text{Mg}(\text{OH})\text{Cl}$, існує основна сіль $\text{MgCl}_2 \cdot \text{MgO}$; будова її, очевидно, така:

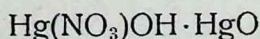


ня її бачимо з такої схеми: $\text{Mg} \begin{array}{c} \diagup \text{Cl} \\ \diagdown \boxed{\text{OH}} \end{array}$, тобто сіль ця



утворюється через відщеплювання молекули води з двох молекул основної соли $\text{Mg}(\text{OH})\text{Cl}$.

54. Подати будову основного ртутіII - нітрату



55. Подати будову основного ртутіII - сульфату, що його звичайно позначають $\text{HgSO}_4 \cdot 2\text{HgO}$.

РОЗДІЛ II

ОБЧИСЛЕННЯ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ВАГИ ТА ВІДСОТКОВОГО СКЛАДУ З ФОРМУЛИ

Хемічна формула визначає не лише якісний, ба й кількісний склад сполуки. Хемічні символи вказують не лише самі елементи, що з них складається сполука, але й відносну кількість кожного елементу сполуки. Напр., формула HgO означає не взагалі речовину, що складається з меркурію та кисню, але саме таку речовину, молекула якої складається з 1 атому меркурію (ат. вага — 200) та 1 атому кисню (ат. вага — 16), інакше кажучи, речовину, що складається тільки з меркурію та кисню, ще й в такій кількості, що відносяться одна до одної як 200 : 16. Формула H_2O позначає сполуку, що кожна її молекула складається з 2 вагових частин водню та 16 ваг. ч. кисню. H_3PO_4 — сполука кожна молекула якої складається з 3 ваг. ч. водню, 31 ваг. ч. фосфору та 64 ваг. ч. кисню.

Загальна вага атомів, що утворюють молекулу даної речовини, називається молекулярною вагою.

ВПРАВИ

56. Обчислити молекулярну вагу NaCl , CO_2 , Fe_2O_3 .
57. Обчислити мол. вагу NO_3H , CO_3Ca , H_3PO_4 , H_2SO_4 .
58. Обчислити мол. вагу CO_3K_2 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.
59. Обчислити мол. вагу $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$.
60. Обчислити мол. вагу $\text{FeSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ та $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$.

Отже, щоб знайти відсотковий склад з хемічної формули, треба скласти та розв'язати пропорцію. Напр., з формули води (мол. вага — 18) бачимо, що кожен 18 ваг. ч. води

мають у собі 2 ваг. ч. водню, а в 100 ваг. ч. води — $\frac{2 \cdot 100}{18}$

ваг. ч. водню, або 11,11 ваг. ч., тобто у воді — 11,11% водню; у тих самих 18 ваг. ч. води кисню 16 ваг. ч.,

тобто — $\frac{16 \cdot 100}{18} = 88,89\%$. Хай треба обчислити відсотковий

склад бертолетової соли KClO_3 . З формули бачимо, що молекула цієї речовини складається з 1 атому калію (ат. в. — 39,1), 1 атому хлору (ат. в. — 35,5) та 3 атомів кисню (ат. в. — 16), тобто кожна молекула цієї речовини складається з калію, хлору та кисню у кількостях, що відносяться одна до одної як 39,1:35,5:48. Отже, відсотковий вміст калію

дорівнює $\frac{39,1 \cdot 100}{39,1 + 35,5 + 48}$, або 31,89%; відсотковий вміст

хлору дорівнює $\frac{35,5 \cdot 100}{122,6}$, або 28,95%; відсотковий вміст

кисню дорівнює $\frac{48 \cdot 100}{122,6}$, або 39,16%.

ВПРАВИ

61. Обчислити відсотковий склад кухенної соли.
62. Обчислити відсотковий склад ртуті II-оксиду.
63. Обчислити відсотковий склад срібло-нітрату.
64. Обчислити відсотковий склад амоніаку та амоній-хлориду.
65. Обчислити відсотковий склад водень-пероксидату.
66. Обчислити відсотковий склад кальцій-карбонату. Обчислити відсотковий вміст вапна в ньому.
67. Обчислити відсотковий склад оксидів азотових.
68. Обчислити відсотковий склад сполук PbS , MnO_2 , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 .
69. Обчислити відсотковий вміст кристалізаційної води у гідратному залізо II-сульфаті $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.
70. Обчислити відсотковий вміст води у кристалічній соді $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.
71. Обчислити відсотковий вміст кристалізаційної води у барій-хлориді $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

72. Обчислити відсотковий вміст кристалізаційної води у синьому камені $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

73. Обчислити відсотковий склад барій-хлориду $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

74. Обчислити відсотковий склад $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

75. Обчислити відсотковий склад магнезій - пірофосфату та відсотковий вміст магнезій - оксиду.

РОЗДІЛ III

НАХОДЖЕННЯ НАЙПРОСТІШОЇ (ЕМПІРИЧНОЇ) ФОРМУЛИ НА ОСНОВІ ВІДСОТКОВОГО СКЛАДУ

Спосіб розв'язувати такі задачі легко зрозуміти з такого прикладу. Хай маємо хемічну сполуку, в якій аналізою знайдено 46,67% заліза та 53,33% сірки. Формулу її можна подати так: Fe_mS_n . Атомова вага заліза 56, а сірки — 32; отже, взаємини між кількостями (ваговими) заліза та сірки в молекулі залізо-сульфіду можна визначити як $56m : 32n$; але такі самі повинні бути взаємини між кількістю заліза та сірки в якій завгодно кількості залізового сульфідy, і якщо в 100 ваг. ч. залізо-сульфіду 46,67 ваг. ч. заліза, а сірки 53,33 ваг. ч., то можна написати таку пропорцію:

$$56m : 32n = 46,67 : 53,33$$

або

$$m : n = \frac{46,67}{56} : \frac{53,33}{32} = 0,833 : 1,666 = 1 : 2$$

Формула цієї сполуки мусіла б бути FeS_2 , але, річ ясна, що такий самий відсотковий склад мала б і речовина Fe_2S_4 , і Fe_3S_6 тощо. Яку з цих формул має дана речовина, не можна визначити за відсотковим складом, бо з одного рівняння з двома невідомими можна знайти лише відношення між цими невідомими, але не значіння останніх. Сполуки FeS_2 , Fe_2S_4 , Fe_3S_6 тощо відзначалися б одна від одної молекулярною вагою¹⁾. Отже, щоб визначити дійсну („молекулярну“) формулу речовини, замало знати відсотковий склад, треба знати й молекулярну вагу. Звичайного способу визначати молекулярну вагу за густиною пари (див. розділ VI) можна вживати, річ ясна, лише в тому

¹⁾ FeS_2 має мол. вагу 120, Fe_2S_4 — 240, Fe_3S_6 — 360.

разі, коли речовина, беручися парою, не розкладається. Існують і інші методи, докладно висвітлювані в курсах фізичної хемії. Якщо молекулярна вага речовини невідома, вживають найпростішої формули (у нашому прикладі — FeS_2); її інакше називають емпірична формула.

Отже, щоб знайти найпростішу формулу за даними аналізу, кожне число відсотків поділяють на атомову вагу відповідного елемента і відношення здобутих чисел заміняють відношенням найменших цілих чисел (у наведеному прикладі — $0,833 : 1,666 = 1 : 2$).

Розгляньмо складніший приклад — речовину з трьох елементів. Аналізою виявлено, що ця речовина має в собі 32,39% натрію, 22,54% — сірки та 45,07% — кисню. Треба визначити її емпіричну формулу.

Позначаючи кількість атомів натрію в молекулі цієї сполуки через m , кількість атомів сірки — n , число атомів кисню — p , можемо написати такий ряд відношень:

$$23m : 32n : 16p = 32,39 : 22,54 : 45,07$$

або, поділивши перші члени лівої та правої частин рівності на 23, другі члени — на 32 і треті — на 16, маємо:

$$m : n : p = \frac{32,39}{23} : \frac{22,54}{32} : \frac{45,07}{16}$$

або

$$m : n : p = 1,408 : 0,704 : 2,817$$

або

$$m : n : p = 2 : 1 : 4$$

Отже ця речовина має формулу — Na_2SO_4

ВПРАВИ

76. Знайти найпростішу формулу речовини, що складається з 92,72% олива та 7,28% кисню.

77. Знайти найпростішу формулу сполуки, що має 73,8% меркурію та 26,2% хлору.

78. Знайти найпростішу формулу сполуки, що має 75,78% арсену та 24,22% кисню.

79. Визначити формулу речовини, що складається з 59,9% стибію та 40,1% сірки.

80. Оксид заліза має 70% заліза; знайти його емпіричну формулу.

81. Знайти найпростішу формулу сполуки, що має 31,64% фосфору, 65,28% кисню та 3,08% водню.

82. Вивести емпіричну формулу речовини, що складається з 8,23% азоту, 28,23% кисню, 63,53% срібла.

83. Знайти емпіричну формулу речовини, що складається з 52,18% вуглецю, 13,04% водню та 34,78% кисню.

84. Вивести найпростішу формулу речовини, що має такий склад: сірки — 32,65%, кисню — 65,31%, водню — 2,04%.

85. Визначити формулу речовини, що має 45,9% калію, 16,5% — азоту, 37,6% — кисню.

86. Речовина (сіль) має 35,0% азоту, 5,0% — водню, 60% — кисню. Визначити формулу цієї соли.

87. Одна арсенатова кислота має 1,5% водню, 56,4% — арсену, 42,1% кисню. Знайти формулу цієї кислоти.

88. Знайти формулу сполуки, що складається з 9,76% магнезії, 13,01% — сірки, 26,02% — кисню, 51,21% кристалізаційної води.

89. Знайти формулу соли, що має в собі 12,85% натрію, 0,28% — водню, 8,66% — фосфору, 17,88% — кисню, 60,33% — кристалізаційної води.

90. Прожаривши 5 г кристалічної соди, матимемо 1,853 г безводної соди. Знайти формулу кристалічної соди (визначити число молекул кристалізаційної води).

91. Прожаривши 5 г кристалічного барій-хлориду, здобудемо 4,264 г безводного барій-хлориду. Визначіть число молекул кристалізаційної води у барій-хлориді.

92. Наважок на 2 г кристалічної мідьII-хлориду, побувши в сушильній шахві за 105° (до сталої ваги), втратив 0,422 г ваги. Скільки молекул кристалізаційної води в мідьII-хлориді?

РОЗДІЛ IV

СКЛАДАННЯ РІВНЯНЬ

Знаючи формули речовин, що вступають у реакцію та речовин, що постають у наслідок останньої, здебільшого не важко скласти рівняння реакції.

Справа сходить до підбору коефіцієнтів.

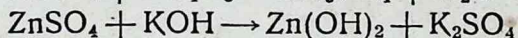
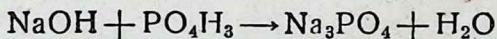
Для цього слід додержати двох умов:

1. Число атомів кожного елементу лівої частини рівняння повинно дорівнювати числу атомів того ж елементу в правій частині рівняння (кожна бо реакція складається з того, що атоми утворюють нові угруповання, нові сполуки, але кількість атомів кожного елементу не може ані збільшуватись, ані зменшуватись).

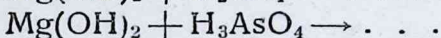
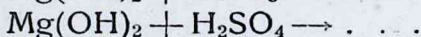
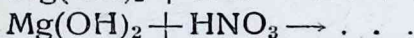
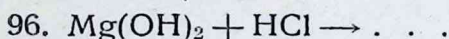
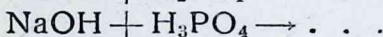
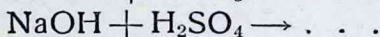
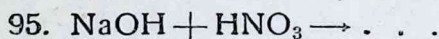
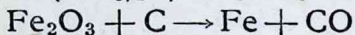
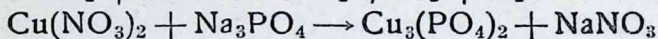
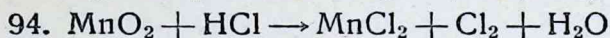
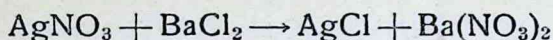
2. Прості речовини, що за звичайної температури перебувають у газуватому стані (кисень, водень, азот, хлор), повинні фігурувати у рівнанні яко молекулі (а не окремі атоми) O_2 , H_2 , N_2 , Cl_2 . Тому не пишуть, напр., $2H + O = H_2O$, але $2H_2 + O_2 = 2H_2O$; не пишуть $N + 3H = NH_3$, але $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$. До рівняння вводять у вигляді окремих атомів лише метали та ті металюїди, що в звичайній температурі перебувають у твердому стані (S, P, C, Si); таке позначення—умовне, ми бо не знаємо метод визначати молекулярну вагу речовин в твердому стані¹⁾.

ВПРАВИ

93. Написати рівняння реакцій:



¹⁾ У газуватому стані молекулі металів складаються з одного атому, а молекулі металюїдів, що за звичайної температури бувають тверді, у газуватому стані мають молекулі, які складаються з кількох атомів (до того, що вища температура, то менше атомів у молекулі, — див. задачі №№ 203—206, 229, 232—234).



97. Алюміній + хлоридна кислота $\rightarrow$ алюміній - хлорид + водень.

Цинк + хлоридна кислота $\rightarrow$ цинк - хлорид + водень.

Натрій - гідроксид + сульфатова кислота $\rightarrow$ натрій - сульфат + вода.

Кальцій - гідроксид + нітратова кислота $\rightarrow$ кальцій - нітрат + вода.

98. Барій - хлорид + натрій - сульфат $\rightarrow$ барій - сульфат + натрій - хлорид.

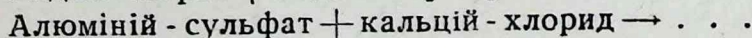
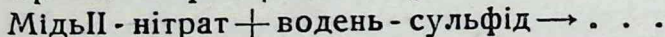
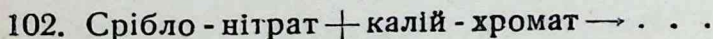
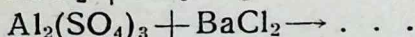
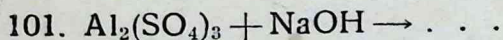
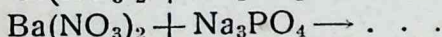
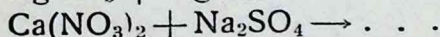
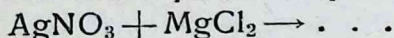
Калій - йодид + оливоII-нітрат $\rightarrow$ оливоII-йодид + калій - нітрат.

99. Срібло - нітрат + магnezій - хлорид $\rightarrow$ срібло-хлорид + магnezій - нітрат.

Кальцій - нітрат + калій - сульфат $\rightarrow$ кальцій-сульфат + калій - нітрат.

Кальцій - хлорид + натрій-фосфат $\rightarrow$ кальцій-фосфат + натрій - хлорид.

100. Написати рівняння реакцій подвійної виміни:



103. Натрій - стибіят + барій - хлорид $\rightarrow$. . .
Калій - арсенат + кальцій - нітрат $\rightarrow$. . .
Натрій - пірофосфат + залізоIII - нітрат $\rightarrow$. . .
104. Калій - піростибіят + залізоIII - сульфат $\rightarrow$. . .
Натрій - силікат + алюміній - нітрат $\rightarrow$. . .
Алюміній - нітрат + амоній - фосфат $\rightarrow$. . .

105. Написати рівняннями такі хемічні процеси:

1. Коли горить метан CH_4 , то утворюється вуглекислий газ і вода.

2. Якщо горить спирт $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$, то утворюється вуглекислий газ і вода.

3. Коли горить водень - сульфід, утворюється сіркаIV-оксид і вода.

106. Пропускаючи пару нітратової кислоти розжареною порцеляною руркою, ми розкладаємо її на воду, азотIV-оксид та кисень. Напишіть рівняння.

107. Розжарюючи оливоII - нітрат, ми здобуваємо оливоII-оксид, азотIV - оксид та кисень. Складіть рівняння.

108. Складіть рівняння редукції вуглецем залізоII - оксиду на Fe, залізоIII - оксиду, магнетового чотириоксиду тризалізового на залізо металічне. Вуглець оксидується тут у вуглецьIV - оксид CO_2 .

109. При температурі близько 300° в присутності нікелю (каталізатор) вуглецьII - оксид реагує з воднем і дає вуглецьIV - оксид і метан CH_4 . Складіть рівняння.

110. При взаємодії сіркового газу з сірководнем відокремлюється сірка. Складіть рівняння.

111. Напишіть рівнянням:

- 1) як утворюється амоніак з елементів,
- 2) як горить вуглецьIV - сульфід,
- 3) як горить етан C_2H_6 .

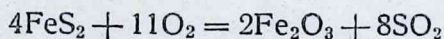
Підібрати коефіцієнти в найпростіших випадках легко, але в складніших рівняннях зробити це важче. Крім того, рівняння, складене таким шляхом, є чисто формальне, де роля окремих членів не завжди зрозуміла.

Правдивий шлях складати рівняння — це розбивати складну хемічну реакцію на низку простих реакцій і потім їх

підсумовувати. Даймо, що нам треба позначити хемічним рівнянням процес обпалювання (прожарювання на повітрі) піриту FeS_2 , що при ньому твориться сірковий газ та залізоIII-оксид, цебто знайти коефіцієнти до рівняння $\text{FeS}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SO}_2$.

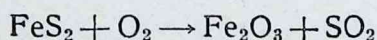
Щоб знайти їх, міркуємо так.

Очевидно, щоб здобути Fe_2O_3 , потрібні 2 мол. FeS_2 , які дадуть 2 мол. Fe_2O_3 й 4 мол. SO_2 . Щоб оксидувати 2 атоми Fe (що міститься в 2 мол. FeS_2) на Fe_2O_3 , потрібні 3 атоми кисню, та, щоб оксидувати 4 атоми S на 4 мол. SO_2 потрібні 8 атомів кисню, разом потрібно, щоб оксидувати 2 мол. FeS_2 , 11 атомів кисню. Тим, що вільний кисень завжди складається з двоатомових молекул, можна (й потрібно) взяти тільки 11 мол. O_2 , які оксидують 4 молек. FeS_2 за таким рівнянням:

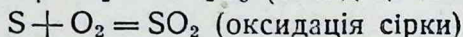
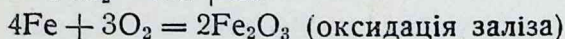
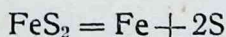


В складніших випадках такі міркування занадто довгі й часто - густо призводять до помилок, які дуже перешкоджають знайти потрібне рівняння.

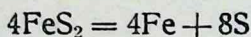
Щоб з'ясувати спосіб розбивати складні хемічні реакції на низку простіших, використаємо наведений вище приклад:



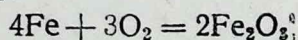
Тому, що в цьому випадку залізо окиснюється киснем повітря на залізоIII-оксид, а сірка на сірковий газ, ми й пишемо рівняння:



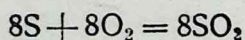
У другому рівнянні є 4 атоми заліза, отже, перше рівняння доведеться помножити на 4, цебто написати в такому вигляді:



за ним написати друге:



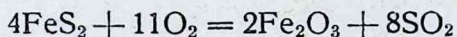
й рівняння третє, помножене на 8 (перше бо рівняння після множення на 4 дає 8 атомів сірки), цебто:



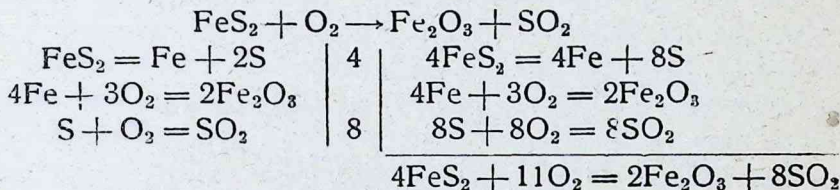
Підсумовуючи почленно три останні рівняння, маємо :

$$3\text{FeS}_2 + 4\text{Fe} + 3\text{O}_2 + 8\text{S} + 8\text{O}_2 = 4\text{Fe} + 8\text{S} + 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$$

Скорочуємо однакові члени в протилежних частинах рівняння, складаємо подібні ; тоді остаточно буде :



Всі ці міркування схематично зобразити можна так :



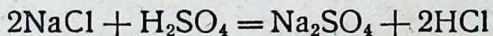
Множеники, що стоять між шпальтами рівнянь, в кожному випадку знайти легко. Щождо скорочення однакових членів у протилежних частинах рівняння, то його провадиться не лише з формальних міркувань (альгебрично), а й тому, що ці члени є проміжні — напр., новоутворені 4Fe і 8S в ту ж мить реагують далі і в кінцевий результат, в остаточне рівняння, вони не входять.

Інший приклад. В усіх підручниках подається такий спосіб здобувати хлор.

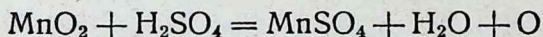
На кухонну сіль та манганIV - оксид діють сульфатовою кислотою. Загальне рівняння має такий вигляд :



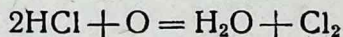
Це складне рівняння здобуваємо таким чином: сульфатова кислота з кухонною сіллю реагуючи дає водень - хлорид :



Та ж кислота з манганIV - оксидом дає кисень :

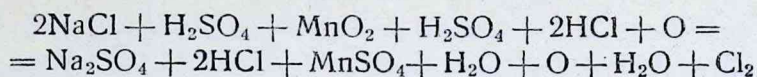


Але кисень, особливо активний в момент відокремлення ¹⁾, діє на водень - хлорид, оксидуючи водень на воду й звільняючи хлор :

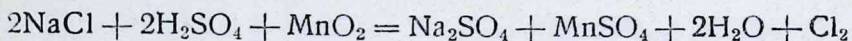


¹⁾ Вважають, що елементи (кисень, водень) в момент відокремлення (зародження — „in statu nascendi“) є не у вигляді молекул (O_2 , H_2), а у вигляді окремих атомів (O , H).

Підсумовуючи останні три рівняння, маємо:



Скоротивши однакові члени в протилежних частинах рівняння і склавши подібні, ми матимемо:



Особливо багаті на приклади складних рівнянь реакції окисації та редукції (відновлення).

Окисація полягає в підвищенні позитивної чи зменшенні від'ємної валентности.

Редукція полягає в зменшенні позитивної чи підвищенні негативної валентности.

Як загальне правило, валентність металів і водню вважають за позитивну, валентність металоїдів — за негативну. Але валентність металоїдів у сполуках з киснем вважають за позитивну, кисень бо завжди валентний негативно.

З цього погляду наведене на стор. 6 правило, що в сполуках з двох елементів добуток з валентности одного елементу на число його атомів мусить дорівнювати добуткові валентности другого елементу на число його атомів, можна замінити іншим правилом: в сполуках двох чи й більше елементів суми позитивних і негативних валентностей рівні, цебто молекула нейтральна.

Напр., в молекулі води H_2O маємо два позитивних одновалентних йони водню й один негативний — двовалентний атом кисню; в молекулі амоніяку NH_3 маємо негативний — тривалентний атом азоту й три позитивних одновалентних атоми водню; в молекулі N_2O_3 маємо два позитивно тривалентних атоми азоту й три негативно двовалентних атоми кисню; в молекулі N_2O_5 маємо два позитивні п'ятивалентні атоми азоту й п'ять негативно двовалентних атоми кисню. Сірка в сірководні негативно двовалентна, в сульфит-ангідриді SO_2 позитивно чотиривалентна, в сульфат-ангідриді SO_3 позитивно шестивалентна. Хлор в калій-хлориді негативно одновалентний, а в хлорі-оксиді Cl_2O позитивно одновалентний. Вуглець в метані CH_4 негативно чотиривалентний, у карбонат-ангідриді CO_2 позитивно чотиривалентний. В молекулі залізоII-хлориду FeCl_2 є один позитивно

двовалентний атом заліза й два негативно одновалентні атоми хлору, тому й перехід FeCl_2 в FeCl_3 , як процес, що в ньому підвищується позитивна валентність заліза, є процес оксидації; перехід FeCl_3 в FeCl_2 є процес редукації, іде бо він із зниженням позитивної валентності заліза. Перехід FeO в Fe_2O_3 теж є процес оксидації, іде бо він з підвищенням позитивної валентності заліза.

ВПРАВИ

112. Як схарактеризувати процеси переходу: 1) S в H_2S , 2) H_2S в S , 3) S в SO_2 , 4) SO_2 в SO_3 , 5) SO_3 в SO_2 ?

113. Як схарактеризувати процеси переходу: 1) FeSO_4 в $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, 2) SnCl_2 в SnCl_4 , 3) HgCl_2 в HgCl ?

114. За певних умов амоніак переходить в нітратову кислоту, за інших умов нітратова кислота переходить в амоніак.

Як схарактеризувати ці процеси й чим пояснити?

115. Чому реакцію, коли здобувають Ag з AgCl і Au з AuCl_3 , звуть реакція редуктивна?

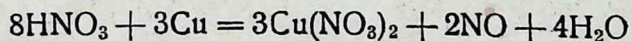
116. Як треба називати процес переходу CH_4 в CO_2 й чому?

117. Довести нейтральність молекул в сполуках із трьох елементів на молекулах H_2SO_4 та KNO_3 .

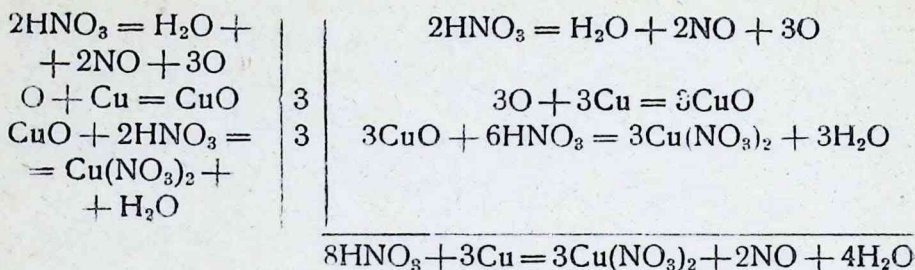
Розгляньмо низку рівнянь, де є такі окисники, як нітратова кислота, калій-пірохромат, калій-перманганат і т. ін.

Оксидаційний вплив нітратової кислоти обґрунтовано тим, що нітратова кислота редукується на азотII-оксид чи азотIV-оксид (інколи навіть на азотI-оксид і амоніак), а звільнений кисень дає оксидацію. Продукти оксидації йдуть у дальші реакції й дають цілу низку складних, що йдуть один за одним, процесів. Кінцеве рівняння часто-густо дуже складне в розумінні кількості членів і різних коефіцієнтів.

Напр., дію розведеної нітратової кислоти на мідь звичайно (в підручниках) подається в такому рівнянні:

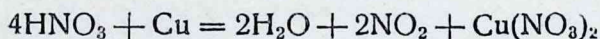


Це рівняння складено таким чином:



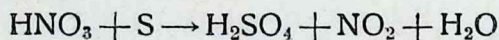
118. Подіявши нітратовою кислотою на срібло, мають срібло - нітрат, азотІІ-оксид і воду. Скласти рівняння.

119. Дію кріпкої (концентрованої) нітратової кислоти на мідь звичайно визначають рівнянням:



Виведіть це рівняння.

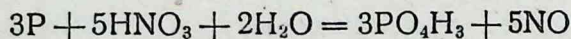
120. Коли кип'ятити сірку з кріпкою нітратовою кислотою, сірка оксидується на сульфатову кислоту, а нітратова кислота редукується на азотІV-оксид:



Складіть це рівняння й поставте в ньому відповідні коефіцієнти.

121. Коли кип'ятити сірку з розведеною нітратовою кислотою, сірка дає сульфатову кислоту, а нітратова кислота переходить в азотІІ-оксид. Складіть рівняння.

122. Ортофосфатову кислоту здобувають оксидацією фосфору (червоного) нітратовою кислотою за рівнянням:

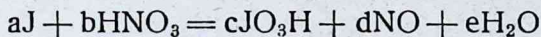


Доведіть це рівняння.

123. Кріпка нітратова кислота з цинком редукується до азотІ-оксиду. Що ж за речовини утворить ця реакція й яке буде її рівняння?

124. Нітратова кислота оксидує сірководень на сірку і сама редукується на азотІІ-оксид. Складіть рівняння.

125. Йодатову кислоту здобувають, оксидуючи йод нагріванням з нітратовою кислотою, за таким рівнянням:



Обчисліть коефіцієнти цього рівняння.

126. Один з способів здобувати азотII-оксиду такий: кип'ятять нітратову кислоту з розчином залізоII-хлориду в хлоридній кислоті. Складіть рівняння.

127. Коли кип'ятити арсенIII-сульфід з нітратовою кислотою, маємо ортоарсенатову кислоту, сульфатову й азотII-оксид: $3As_2S_3 + 28HNO_3 + 4H_2O = 6AsO_4H_3 + 9H_2SO_4 + 28NO$

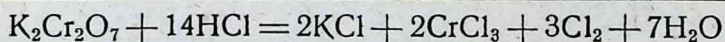
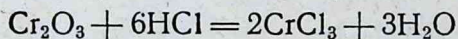
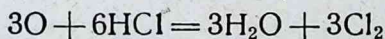
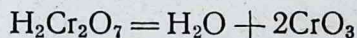
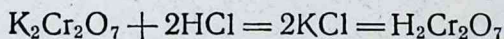
Виведіть це рівняння.

128. Нітратова кислота в присутності сульфатової переводить залізоII-сульфат в залізоIII-сульфат, а сама редукує до азотII-оксиду. Виведіть рівняння.

129. Нітратова кислота оксидує арсеніт-ангідрид в кислоту арсенатову AsO_4H_3 , а сама редукує до азотII-оксиду. Виведіть рівняння.

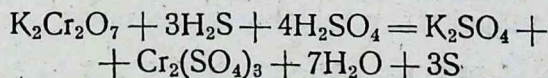
Оксидацію калій-пірохромату в кислому розчині засновано на тому, що хромVI-оксид CrO_3 редукує до хромIII-оксиду Cr_2O_3 , а вилучений кисень іде на оксидацію. ХромIII-оксид же з кислотою дає відповідну сіль хромIII-оксиду.

Досить навести такий приклад (добування хлору з суміші калій-пірохромату й соляної кислоти за нагрівання).

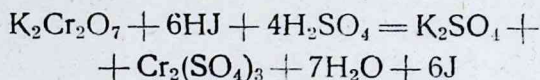


130. Складіть рівняння взаємодії калій-пірохромату та сульфатової кислоти (як добувають кисень).

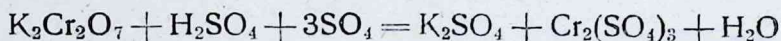
131. Виведіть рівняння



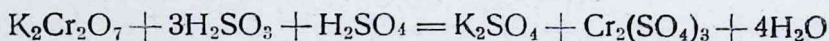
132. Виведіть рівняння



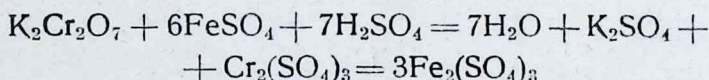
133. Виведіть рівняння



134. Виведіть рівняння



135. Калій - пірохромат в присутності сульфатової кислоти переводить залізоII - сульфат в залізоIII - сульфат за таким рівнянням:

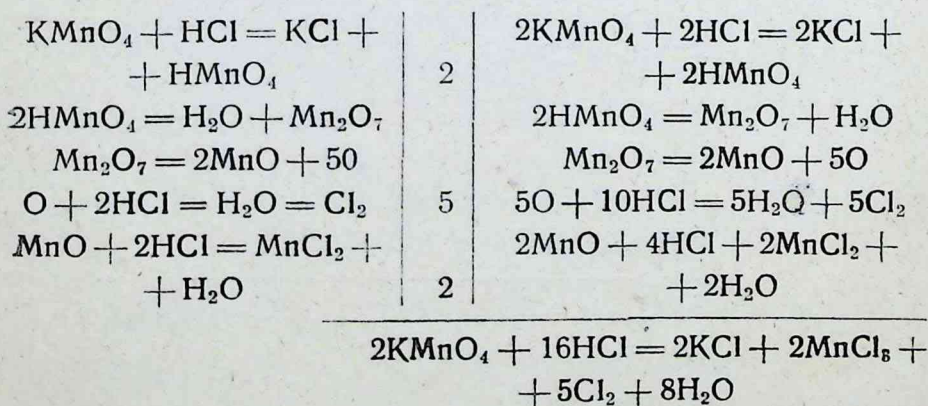


Виведіть це рівняння.

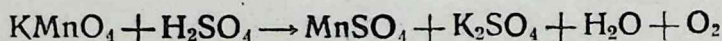
Окисдацію калій - перманганатом пояснюють тим, що манганVII - оксид (ангідрид перманганатової кислоти) Mn_2O_7 редукує до манганII - оксиду MnO , а вилучений кисень іде на окисдацію; манганII - оксид з кислотою дає відповідну сіль.

Як приклад, можна навести взаємодію калій - перманганату й хлоридної кислоти (один із засобів здобувати хлор).

Поступінні стадії процесу такі:

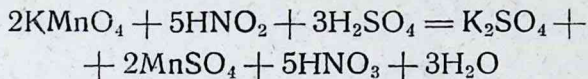


136. Коли взаємодіють калій - перманганат і сульфатова кислота, то вилучається кисень за схемою:



Складіть рівняння.

137. Калій - перманганат оксидує нітритову кислоту в нітратову (азотову):

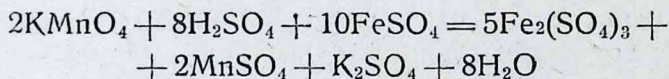


Виведіть це рівняння.

138. Калій - перманганат оксидує залізоII - хлорид в присутності соляної кислоти на залізоIII - хлорид.

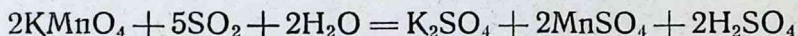
Складіть рівняння.

139. Калій - перманганат в присутності сульфатової кислоти оксидує залізоII - сульфат на залізоIII - сульфат за таким рівнянням:



Виведіть це рівняння.

140. Калій - перманганат оксидує розчин сіркаIV - оксиду на сульфатову кислоту за таким рівнянням:



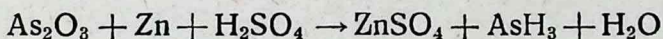
Виведіть це рівняння.

Редукцію роблять цілою низкою речовин: воднем (в момент виділення), сульфід - ангідридом, сірководнем, водень - йодидом, вуглецем і т. ін.

Кожна реакція оксидації є реакція редукції (відновлення) тієї речовини, що нею оксидують; також кожна реакція редукції є реакція оксидації речовини, що нею редукують.

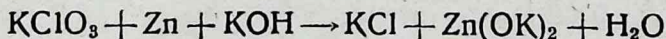
Коли ми розібрали реакції оксидації, нам тепер вже легше розібрати реакції редукування.

141. Розглянути вираз



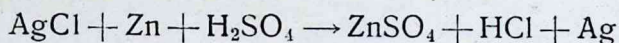
і вивести рівняння.

142. Розглянути вираз



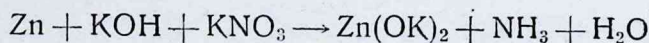
і вивести рівняння.

143. Розглянути вираз



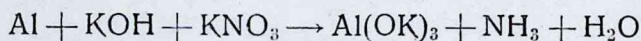
і скласти рівняння.

144. Розглянути вираз



і скласти рівняння.

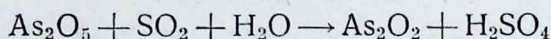
145. Розглянути вираз



і вивести рівняння.

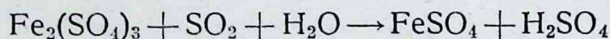
146. Коли дуже розведеною нітратовою кислотою діяти на цинк, то вилучається водень, який редукує нітратову кислоту до амоніяку; амоніак з нітратовою кислотою утворює амоній - нітрат. Вивести остаточне рівняння.

147. Розглянути вираз



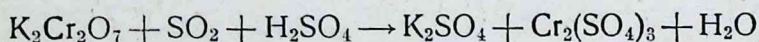
і скласти рівняння.

148. Розглянути вираз



і скласти рівняння.

149. Розглянути вираз



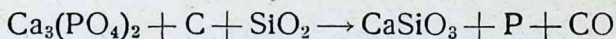
і скласти рівняння.

150. Коли діяти водень - сульфідом на розчин ортоарсенатової кислоти, то спочатку утворюється ортоарсенітова кислота, а далі арсенIII - сульфід, що осідає в вигляді цитриново - жовтого осаду.

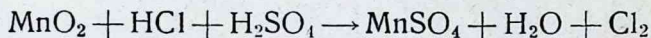
Напишіть рівняння.

151. Фосфор здобути можна, якщо прожарювати в електричній печі суміш кальцій - фосфату з вуглем і піском

(SiO₂). Треба скласти відповідне рівняння, щоб знайти коефіцієнти виразу



152. Розібрати вираз



і скласти рівняння.

153. Відомо, що водень - хлорид здобувають, подіявши сульфатовою кислотою на натрій - хлорид, але водень - йодиду аналогічно не здобудеш, бо утворений водень - йодид в ту ж мить редукує сульфатову кислоту, а сам оксидується до йоду.

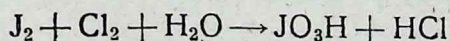
В залежності від відносної кількості йодиду та сульфатової кислоти редукція сульфатової кислоти йде різно: 1) якщо більше сульфатової кислоти, утворюється сірка IV-оксид, 2) якщо більше йодидів (цебто й водень - йодиду), сульфатова кислота редукує до сірководню.

Розберіть послідовно реакції в обох випадках і виведіть остаточні рівняння, взявши за основу натрій - йодид сульфатову кислоту.

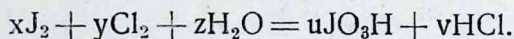
Наведений спосіб складати хемічні рівняння чисто хемічний, засновано бо його на виявленні ролі кожного члена рівняння й дає він можливість не лише скласти рівняння, а й уявити складну картину хемічних взаємодій. Поділяючи складне рівняння на низку простих, ми йдемо шляхом дійсного стану речей і передаємо те, що є насправді. В курсах теоретичної (фізичної) хемії доводиться, що в реакціях, які передаємо з великими й різноманітними коефіцієнтами, мало певности, насправді бо завжди проходить низка дуже простих реакцій, а складне рівняння, що ми записали, є лише сума простих рівнянь, підсумок, „бухгалтерське“ рівняння.

Крім наведеного способу складати рівняння, саме поділу складного рівняння на окремі прості, є ще один спосіб, який звуть альгебричний.

Пояснімо його прикладом. Хай маємо вираз



і потрібно знайти числові коефіцієнти при його членах, щоб розв'язати рівняння



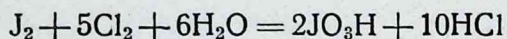
Виходячи з того, що число атомів кожного елементу лівої частини рівняння мусить дорівнювати числу атомів того ж елементу в правій частині рівняння, можна написати такі от рівняння:

- 1) для атомів J $2x = u$
- 2) " " Cl $2y = v$
- 3) " " H $2z = u + v$
- 4) " " O $z = 3u$

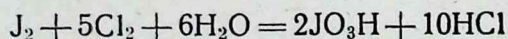
Визначити вартість п'яти невідомих з чотирьох рівнянь неможливо, але коли взяти на увагу, що потрібні коефіцієнти є числа цілі й найменші, то завдання є цілком визначене (припускає лише одно розв'язання).

Виразивши всі невідомі будь-яким одним, напр., u , матимемо рівняння: $x = \frac{u}{2}$; $y = \frac{5u}{2}$; $z = 3u$; $v = 5u$. Отже, щоб x , y , z і v були числами цілими, u повинно бути кратним 2.

Найменше з таких чисел є 2, тоді $x = 1$, $y = 5$, $z = 6$, $u = 2$, $v = 10$, щоб-то наше рівняння матиме вигляд:

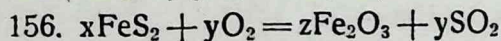
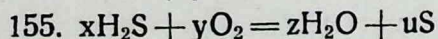
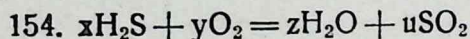


Коли б ми всі невідомі визначили через x , мали б рівняння: $u = 2x$; $z = 6x$; $v = 10x$; $y = 5x$. Тому, що всі невідомі кратні x , найменшими вони будуть, як $x = 1$, $y = 5$, $z = 6$, $u = 2$, $v = 10$, щоб-то прийдемо до попереднього рівняння:



ВПРАВИ

Знайти коефіцієнти рівнянь:



157. $x\text{SO}_2 + y\text{H}_2\text{S} = z\text{H}_2\text{O} + u\text{S}$
158. $x\text{NH}_3 + y\text{Cl}_2 = z\text{NH}_4\text{Cl} + u\text{N}_2$
159. $x\text{Cu} + y\text{HNO}_3 = z\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + u\text{H}_2\text{O} + v\text{NO}$
160. $x\text{SO}_2 + y\text{HNO}_3 + z\text{H}_2\text{O} = u\text{H}_2\text{SO}_4 + v\text{NO}$
161. $x\text{KOH} + y\text{Cl}_2 = z\text{KCl} + u\text{KClO} + v\text{H}_2\text{O}$
162. $x\text{KOH} + y\text{Cl}_2 = z\text{KCl} + u\text{KClO}_3 + v\text{H}_2\text{O}$
163. $x\text{P} + y\text{KOH} + z\text{H}_2\text{O} = u\text{PH}_3 + v\text{H}_2\text{KPO}_2$
164. $x\text{KNO}_3 + y\text{C} = z\text{K}_2\text{CO}_3 + u\text{N}_2 + v\text{CO}_2$
165. $x\text{KNO}_3 + y\text{Fe} = z\text{K}_2\text{O} + u\text{N}_2 + v\text{Fe}_2\text{O}_3$
166. $x\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + y\text{H}_2\text{SO}_4 + z\text{SO}_2 = u\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 +$
 $+ v\text{K}_2\text{SO}_4 + w\text{H}_2\text{O}$
167. $x\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + y\text{C} + z\text{SiO}_2 = u\text{P} + v\text{CaSiO}_3 + w\text{CO}$
168. $x\text{NaJO}_3 + y\text{H}_2\text{SO}_3 = z\text{J}_2 + u\text{NaHSO}_4 + v\text{H}_2\text{SO}_4 +$
 $+ w\text{H}_2\text{O}$
169. $x\text{KNO}_3 + y\text{S} + z\text{C} = u\text{K}_2\text{S} + v\text{CO}_2 + w\text{N}_2$

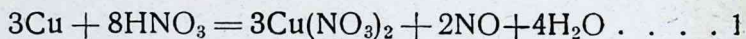
З наведених прикладів видно, що альгебричний спосіб знаходити коефіцієнти складного хемічного рівняння в тому, що розв'язується рівняння першого ступеня, а розв'язавши його, чисто формально розв'язується хемічне завдання; роля кожного з членів рівняння залишиться неусталена і внутрішній зміст хемічного складного процесу невиявлений. Тому й радимо учням вживати цього способу лише в окремих випадках, коли важко розподілити складне рівняння на прості і коли через цей спосіб далі все ж можна було б зрозуміти окремі моменти складного хемічного процесу й встановити ролю кожного члена кінцевого рівняння.

На закінчення розділу про складання рівнянь додамо:

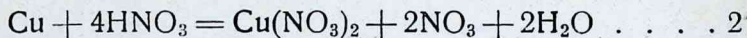
1) Загалом, якщо ми знаємо хемічні формули речовин, що вступають в реакцію, і усіх продуктів реакції, кінцеве рівняння має бути одно, цебто коефіцієнти строго визначені (завдання має лише одно розв'язання).

2) Коли ж хоч одна з реакцій складного хемічного процесу йде в двох різних напрямках, завдання неозначене й може мати безліч розв'язань.

Напр., нітратова кислота за дії на мідь редукується до азотII-оксиду чи й до IV-оксиду. Вважають звичайно, що розбавлена кислота діє на мідь і редукується до азотII-оксиду. За таких умов рівняння буде таке:

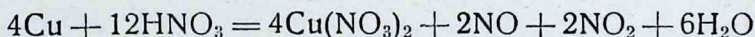


Міцна нітратова кислота, діючи на мідь, редукується до азотIV-оксиду; отже, рівняння в цьому випадку буде таке:

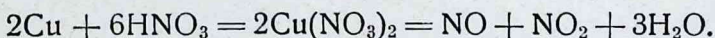


Коли ж брати кислоту помірної кріпости, що з міддю дає й азотII і азотIV-оксид, то як же тепер написати кінцеве рівняння?

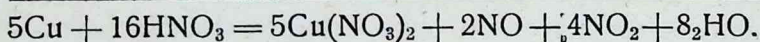
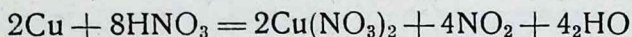
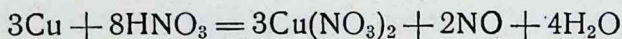
Здавалося б, що досить скласти рівняння перше з другим, щоб дістати таке рівняння:



або, скоротивши на 2,

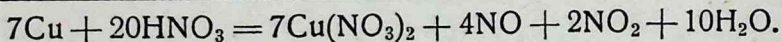
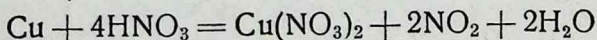
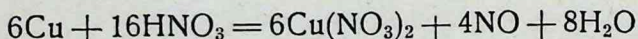


Але виходить, це рівняння характеризує лише окремий випадок, саме той, коли на 1 мол. NO утворюється 1 мол. NO₂. Може статися, що на 1 мол. NO утвориться дві молекули NO₂. Тоді, щоб мати остаточне рівняння, треба скласти рівняння 1 з подвоєним рівнянням 2.



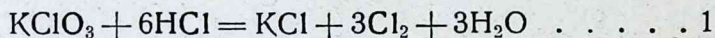
Можна взяти й протилежний випадок, коли редукція нітратової кислоти йде головним чином до азотII-оксиду, щоб на кожну мол. NO₂ утворюється 2 мол. NO.

Очевидно, що кінцеве рівняння тепер складатиметься з таких двох:

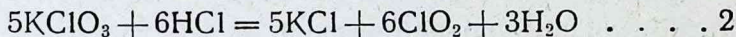


Явно, що таких рівнянь може бути безліч; як до відносної кількості азотII-і азотIV-оксиду ми матимемо різні рівняння, що характеризуватимуть лише окремі випадки.

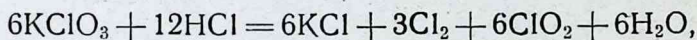
За другий приклад реакції, що йде в двох напрямках, можна взяти взаємодію хлоридної кислоти й бертолетової соли. Інколи цю реакцію передають так:



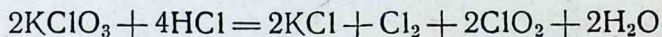
Та рівняння це неповне, з хлором бо твориться й хлорIV-оксид:



В сумі ці двоє рівнянь дадуть:



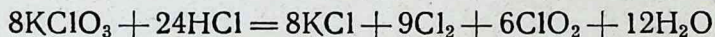
чи скоротивши на 3:



Очевидно, що це рівняння стосується до того окремого випадку, коли на 1 об'єм хлору маємо 2 об'єми хлорIV-оксиду. До речі, майте на увазі, що звичайно хлорIV-оксиду утворюється в кілька разів менш, ніж хлору.

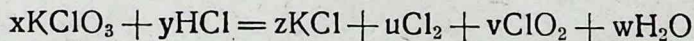
Зрозуміло, що в залежності від відносної кількості хлору й хлорIV-оксиду, сумарних рівнянь зможемо мати безліч, при чому кожне з них стосуватиметься до одного якогось певного випадку.

Рівняння, що його подається в деяких підручниках, а саме:



стосується лише до окремого випадку, коли об'єм хлору в $1\frac{1}{2}$ раза більший за об'єм хлорIV-оксиду. Його матимемо, якщо складемо потроєне перше рівняння з другим.

Випадки, коли завдання неозначене (припускає безліч розв'язань), пізнати легко. Напр., даймо, що рівняння наше таке:



Отже, тут легко зрозуміти, що водень-хлорид оксидується в двох напрямках, а саме до хлору й до хлорIV-оксиду, а якщо не дано коефіцієнтів при Cl_2 й ClO_2 , то

завдання знайти коефіцієнти x , y , z , u , v , w неозначене. Розв'язуючи завдання алгебричним способом, ми натрапимо на неозначність у тому, що кількість рівнянь, що зв'язуватимуть коефіцієнти, буде не на 1, а на 2 менша за кількість невідомих, цебто не вистачатиме ще одного рівняння. В наведеному випадку за 6 невідомих ми складемо лише 4 рівняння, що зв'язуватимуть коефіцієнти (саме для атомів калію $x = z$, для атомів хлору $x + y = z + 2u + v$, для атомів кисню $3x = 2v + w$, для атомів водню $y = 2w$).

Коли ж буде рівняння, що зв'язуватиме u й v , то задача матиме лише одне розв'язання.

РОЗДІЛ V

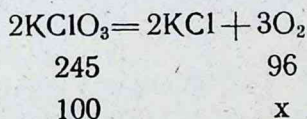
ОБЧИСЛЕННЯ ВАГОВИХ СПІВВІДНОШЕНЬ НА ОСНОВІ ХЕМІЧНИХ РІВНЯНЬ

Обчислення співвідношень між ваговою кількістю речовин, що йдуть на реакцію, і речовин, що постали в наслідок реакції, провадять таким чином.

Складають відповідне рівняння реакції, під кожним членом записується молекулярну вагу, помножену на коефіцієнт даного члена; тоді стають очевидними всі вагові співвідношення, а само обчислення провадиться складанням і розв'язанням пропорцій.

Приклад. Скільки грамів кисню одержимо з 100 г. бертолетової соли?

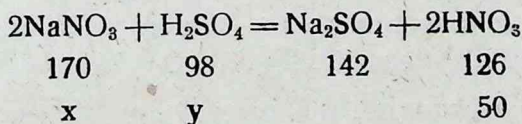
Розв'язання завдання ведемо таким порядком:



З пропорції $x:96 = 100:245$ обчислимо: $x = 39,15$ г.

Інший приклад. Скільки чилійської салітри й сульфатової кислоти треба взяти, щоб здобути 100 г п'ятдесятвідсоткової нітратової кислоти?

З рівняння



виведемо таке співвідношення:

щоб здобути 126 г HNO_3 , потрібно 170 г салітри,

щоб здобути 50 г HNO_3 , потрібно x г салітри;

очевидно, $x : 170 = 50 : 126$, звідци $x = \frac{170 \cdot 50}{126} = 67,4$;

точнісінько так: $y : 98 = 50 : 126$, $y = \frac{98 \cdot 50}{126} = 38,9$.

ВПРАВИ

170. В якій відносній кількості доведеться брати натрійну салітру й сульфатову кислоту, щоб здобути кислоту нітратову?

171. В якій відносній кількості доведеться брати натрій - хлорид і сірчану кислоту, щоб здобути водень - хлорид?

172. В якій відносній кількості доведеться брати амоній - хлорид та натрій - гідроксид, щоб здобути амоніак?

173. В якій відносній кількості доведеться брати амоній - сульфат і калій - гідроксид, щоб здобути амоніак?

174. Скільки г кисню здобудемо з 100 г меркурійII-оксиду?

175. Скільки (вагою) водню виділиться, коли розчиняти 1,2 г магнезію в розведеній сульфатовій кислоті?

176. Змішали розчин натрій - хлориду з лишком розчину срібло - нітрату, осіло 2,87 г срібло - хлориду. Скільки взяли натрій - хлориду?

177. До розчину 1 г кухенної соли налили розчин срібло - нітрату з лишком. Скільки утворилося срібло - хлориду?

178. Коли згорів фосфор у кисні, стало 20 г фосфат - ангідриду. Скільки фосфору пішло на оксидацию?

179. Скільки сульфатової кислоти й цинку треба, щоб здобути 10 г водню, і скільки в розчині буде ZnSO_4 ?

180. Скільки міді й сульфатової кислоти треба, щоб здобути 30 г сіркового газу, і скільки можна при цьому здобути синього каменю $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$?

181. Скільки вапна потрібно, щоб виділити весь амоніак з 200 г амоній - хлориду?

182. Скільки залізового купервасу $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ можна здобути, діючи сірчаною кислотою (розведеною) на 20 г заліза?

183. Скільки г п'ятдесятвідсоткового розчину натрій-гідроксиду потрібно, щоб нейтралізувати 10 г сороковідсоткової нітратової кислоти, і скільки салітри здобудемо при цьому?

184. Розчин натрій-гідроксиду з пит. вагою 1,32 вміщає 28,8% NaOH. Скільки потрібно (вагою) сульфатової кислоти, щоб нейтралізувати 1 літр такого розчину?

185. Скільки треба натрій-гідроксиду, щоб нейтралізувати 10 см³ сульфатової кислоти, що містить 21% (ваговий) H₂SO₄ й має питому вагу 1,55?

186. 20 г заліза нагрівали з такою ж кількістю сірки, поки реакція закінчилася. Якого елементу було взято з лишком і чому дорівнює сам лишок?

187. Над розжареним мідьII-оксидом пропускають водень. Воду, що при цьому здобули, зважили. Було її 4,73 г; вага мідьII-оксиду зменшилась на 4,20 г. За цими даними обчисліть відсотковий склад води.

188. Спалюючи 2,62 г коксу, здобули 8,75 г вуглецьIV-оксиду. Визначити відсоток вуглецю в данім зразку коксу.

189. Щоб нейтралізувати 10 см³ розчину сірчаної кислоти, пішло 20 см³ розчину натрій-гідроксиду. Концентрація розчину їдкого натру — 20 г на літр; визначити вміст H₂SO₄ в літрі.

190. Щоб нейтралізувати 20 см³ розведеної соляної кислоти, пішло 22,4 см³ розчину натрій-гідроксиду. Після випарювання й сушіння утворена сіль важила 2,34 г. Обчислити концентрацію кислоти (число грамів HCl на 1 літр розчину) й концентрацію лугу.

191. Щоб нейтралізувати 15 см³ розведеної сульфатової кислоти, треба 16,2 см³ розчину калій-гідроксиду. Після випарювання та сушіння новоутворена сіль важила 5,22 г. Обчислити концентрацію кислоти й концентрацію лугу в $\frac{\text{г}}{\text{л}}$.

РОЗДІЛ VI

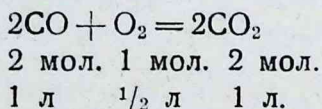
ЗАКОН АВОГАДРО

Закон Авогадро. В рівних об'ємах усіх газів міститься однакова кількість молекул (за однакових фізичних умов). Цей же закон можна висловити й так: молекули всіх речовин в газовому стані (за однакової температури й тиску) мають однакові об'єми.

На основі цього закону легко розв'язувати завдання такого типу.

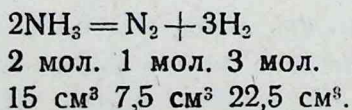
Скільки (об'ємом) потрібно кисню, щоб спалити 1 л. вуглецьII-оксиду, і який об'єм вуглецьIV-оксиду, що утвориться в реакції? (Виміряно об'єми за однакових температур і тисків).

Розв'язуватимемо так:



Інший приклад. Скільки (об'ємом) азоту й водню утвориться, коли цілком розпадеться 15 см³ амоніаку (за розжарювання)?

Розв'язання таке:



ВПРАВИ

192. 2 л метану спалено в кисні. Скільки кисню пішло на горіння й який об'єм вуглецьIV-оксиду?

193. Вибухнула суміш 80 см³ вуглецьII-оксиду й 30 см³ кисню. Найдіть об'єм і склад газової суміші після вибуху.

194. Вибухнула суміш 100 см^3 пари вуглецьIV-сульфіду й 350 см^3 кисню. Найдіть об'єм і склад суміші після реакції.

195. Змішали при 150° 20 см^3 водню й 15 см^3 кисню, суміш вибухнула. Який об'єм мала вода, що утворилась після реакції? Який з даних газів і в якому об'ємі лишився незмінним?

196. Після вибуху 2 л суміші з водню й кисню лишилося 200 см^3 водню (на об'єм води не зважаємо). Найдіть склад суміші.

197. Крізь суміш з 25 см^3 повітря й 50 см^3 водню пройшла електрична іскра. Після вибуху об'єм став $60,3 \text{ см}^3$ (на воду не зважаємо). Найдіть відсоток вмісту (об'ємного) кисню в повітрі.

198. Крізь суміш з 25 см^3 метану й 500 см^3 повітря пройшла електрична іскра. Найдіть обсяг суміші після реакції й скільки вуглецьIV-оксиду буде в цій суміші? Температура й тиск однакові до й після досвіду.

199. Змішали 200 см^3 хлору й 300 см^3 водню. Найдіть об'єм і склад газової суміші після реакції.

200. Найдіть об'єм і склад газової суміші після вибуху суміші з 9 см^3 етану C_2H_6 і 21 см^3 кисню.

201. До 30 см^3 суміші оксиду вуглевого, азоту й водню додали 20 см^3 кисню (так, щоб кисню вистачило на сполучення з оксидом вуглецевим і воднем); суміш вибухнула¹⁾. Коли воду ввібрав фосфат-ангідрид, об'єм сухої газової суміші дорівнював 21 см^3 , а коли вуглецьIV-оксид увібрав калій-гідроксид, об'єм дорівнював 11 см^3 . Обчислити: 1) початковий склад суміші (30 см^3), 2) склад сухої газової суміші після вибуху (21 см^3). Всі об'єми виміряно за однакових умов температури й тиску.

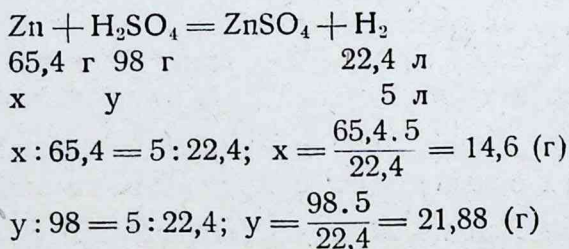
За законом Авогадро молекули всіх газів займають однаковий об'єм. Очевидно, що й грам-молекули всіх газів

¹⁾ За цих умов (від одної електричної іскри) азот і кисень не сполучаються.

теж об'єм мають однаковий, і його визначити легко. Напр., грам-молекула кисню важить 32 г; 1 л кисню за 0° і 760 мм тиску важить 1,43 г, звідси об'єм 32 г кисню чи грам-молекулярний об'єм дорівнює $\frac{32}{1,43} = 22,4$ л; грам-молекула амоніяку важить 17,04 г, а 1 л амоніяку (за 0° і 760 мм тиску) важить 0,76 г, отже, грам-молекула амоніяку має об'єм $\frac{17,04}{0,76} = 22,4$ лі т. ін. Отже, 1 грам-молекула всякого газу за 0° і 760 мм тиску має об'єм 22,4. Користуючись з цього числа, легко можна обчислювати об'єми газів, які реагують чи утворюються після реакції.

Приклад. Обчислити, скільки цинку й сульфатової кислоти потрібно, щоб здобути 5 л водню за 0° і 760 мм тиску.

Схема обчислення така:



ВПРАВИ

202. Скільки треба взяти амоній-нітрату, щоб з нього здобути 1 л азоті-оксиду (при 0° і 760 мм тиску ¹⁾).

203. Скільки треба взяти бертолетової соли, щоб здобути 20 л кисню?

204. Скільки літрів водень-хлориду можна здобути, якщо діяти сульфатовою кислотою на 117 л натрій-хлориду?

205. Який об'єм хлору доведеться взяти, коли треба перевести 10 г фосфору в фосфорV-хлорид?

206. Скільки кисню й водню (об'ємами) утвориться, коли електричним струмом розкласти 10 см³ води?

¹⁾ В усіх дальших задачах цього розділу умовно вимір газів переводити при 0° і 760 мм тиску.

207. Який об'єм сіркового газу можна здобути, нагріваючи 10 г міді з лишком міцної сульфатової кислоти.

208. 10 см³ вуглецьIV-сульфіду (пит. вага — 2,63) спалено в кисні. Який об'єм кисню для цього потрібно й скільки після реакції одержимо вуглецьIV-оксиду і сіркового газу?

Знаючи, що грам-молекуля якого завгодно газу при 0° і 760 мм тиску має обсяг 22,4 л, легко обчислити, скільки важить 1 л даного газу (при 0° і 760 мм тиску). Напр., атомна вага хлору — 35,5, молекулярна вага хлору — 71 (молекула бо його Cl₂); отже, 71 г хлору при 0° і 760 мм тиску має об'єм 22,4 л, звідци 1 л хлору важить $\frac{71}{22,4} =$

$= 3,17$ г; 1 л. CO₂ важить $\frac{44}{22,4} = 1,96$ г і т. д.

209. Скільки важить 1 л азоту?

210. Скільки важить 1 л водень-сульфіду?

211. Скільки важить 1 л сіркового газу?

212. Скільки важить 1 л азотII-оксиду?

213. Скільки важить 1 л азотIV-оксиду?

214. Скільки важить 1 л вуглецьIV-оксиду?

215. Скільки важить 1 л водень-хлориду?

216. Скільки важить 1 л суміші з 79% (об'ємних) азоту й 21% кисню?

217. Скільки важить 1 л гримучого газу (2 об'єми водню й 1 об'єм кисню)?

218. Скільки важить 1 л метану CH₄?

219. Скільки важить 1 л гелію?

Нарешті, найголовніший висновок з закону Авогадро полягає ось у чому.

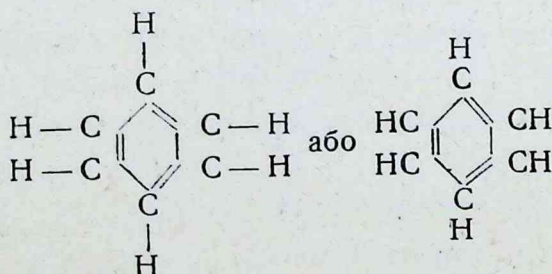
Якщо в рівних об'ємах газів (за однакових умов температури й тиску) міститься рівне число молекул, то відношення між вагою рівних об'ємів двох газів (густина одного газу відносно другого) має бути відношенням між вагою молекулі одного газу й вагою молекулі другого.

Визначивши густину будь-якого газу відносно водню (d) й узявши молекулу водню (H_2) за 2 (точніш — 2,02), можемо знайти молекулярну вагу цього газу з відношення $d = \frac{M}{2}$ чи $M = 2d$. Якщо знаємо густину даного газу щодо повітря (d_1), то густина його що до водню буде $d = d_1 \cdot 14,4$ (де 14,4 — густина повітря відносно водню), а молекулярна вага $M = 2d = 2d_1 \cdot 14,4 = 28,8d_1$ (точніш — $2,02d_1 \cdot 14,4 = 29,08d_1$).

Наведене співвідношення дозволяє розв'язати такі питання. Дві речовини однакового складу, а саме: вуглецю — 92,3%, водню — 7,7%; одна з них — газ, густіший за водень в 13 раз, друга — рідина, що її пара в 39 раз важча за водень. Треба встановити формули цих речовин.

Способом, як його наведено в розділі III, знайдемо, що найпростіша формула для обох речовин CH , якій відповідає молекулярна вага 13. Але з наведених даних видно, що молекулярна вага першої речовини має бути 26, а другої — 78, цебто дійсна формула (молекулярна) у першій речовини — C_2H_2 , у другій — C_6H_6 . Перша речовина — ацетилен, друга — бензол; молекула ацетилену має будову

$\begin{array}{c} C-H \\ || \\ C-H \end{array}$, молекулу бензолу збудовано так:



Докладно обидві речовини описано в курсах органічної хемії (хемії вуглецевих сполук).

ВПРАВИ

220. Речовина (газ) має 27,27% вуглецю й 72,73% кисню; густина відносно водню 22. Встановити формулу.

221. Речовина має 85,59% вуглецю й 14,41% водню; густина щодо водню — 14. Встановити формулу.

222. Густина пари певної сполуки, відносно повітря 4,646; склад її такий: сірки—37,4%, хлору — 52,6%. Знайти формулу.

223. Встановити формулу речовини, що має склад такий: вуглецю — 39,74, водню — 6,76%, кисню — 53,50%, а густина її пари відносно повітря — 2,079.

224. Встановити формулу речовини, що має склад: вуглецю — 52,18%, водню — 13,04%, кисню — 34,78%, якщо густина пари — 23 (щодо водню).

225. Густина пари сірки відносно водню при 700° дорівнює 96, понад 1000° густина дорівнює 32. Із скількох атомів складається молекула сірки при цих температурах?

226. Густина пари сірки між 860 й 1040° дорівнює 2,23. Із скількох атомів складається молекула сірки при цих температурах?

227. Густина пари фосфору відносно водню — 62. Із скількох атомів складається молекула фосфору в парувальному стані?

228. Густина пари ртуті відносно водню — 100. Із скількох атомів складається молекула ртуті в парувальному стані?

РОЗДІЛ VII

ВІДНОШЕННЯ ГАЗІВ ДО ЗМІНИ ТИСКУ Й ТЕМПЕРАТУРИ (ЗАКОН БОЙЛЯ Й ГЕЙ-ЛЮССАКА)

Закон Бойля. За постійної температури об'єм даної маси газу обернено пропорційний тиску, цебто

$$V_1 : V_2 = P_2 : P_1, \text{ чи } V_1 P_1 = V_2 P_2, \text{ звідкіль } V_2 = \frac{V_1 P_1}{P_2}.$$

ВПРАВИ

229. Як зміниться об'єм газу, коли збільшити тиск з 760 мм до 1140 мм ртутного стовпа? Коли зменшити тиск з 760 мм до 190 мм?

230. Газ за нормального атмосферного тиску має об'єм 209 см³. Який об'єм буде він мати під тиском в 0,1 атм.? 0,5 атм.? 2 атм.? 5,5 атм.?

231. 1 л повітря при 0° і 760 мм тиску важить 1,293 г. При якому тиску 1 л повітря важитиме при 0° 2,586 г?

232. Скільки важить 1 л повітря при 0° і 740 мм тиску?

233. 0,5 л газу, виміреного при 750 мм тиску, перенесено під тиск 855 мм стовпа ртуті. Який має бути об'єм газу?

Закон Гей-Люссака. За постійного тиску об'єм даної маси газу збільшується з підвищенням температури на кожний градус С на $\frac{1}{273}$ об'єму, що його газ має при 0°.

Отже, певна кількість (вагова) газу, що при 0° мала об'єм V_0 , за температури t_1 матиме об'єм:

$$V_1 = V_0 \left(1 + \frac{1}{273} t_1 \right) = V_0 \frac{273 + t_1}{273} = V_0 \frac{T_1}{273},$$

а за температури t_2 та ж кількість газу матиме об'єм:

$$V_2 = V_0 \left(1 + \frac{1}{273} t_2 \right) = V_0 \frac{273 + t_2}{273} = V_0 \frac{T_2}{273}.$$

Легко зрозуміти, що $V_1 : V_2 = T_1 : T_2$, цебто за постійного тиску об'єм даної маси газу прямо пропорційний абсолютній температурі. В такому формулюванні закон Гей-Люсака для обчислень зручніший, ніж у наведеному вище.

ВПРАВИ

234. Газ має при 0° і 760 мм тиску об'єм 300 см³. Який об'єм матиме ця кількість газу при 760 мм тиску й при: 1) $+20^\circ$, 2) -20° , 3) $+270^\circ$?

235. Газ має при 20° об'єм 200 см³. Який об'єм він матиме при: 1) $+30^\circ$, 2) -20° , 3) $+273^\circ$, 4) 0° , якщо тиск не мінятиметься?

236. Об'єм газу при 13° дорівнює 100 см³. Який він буде при: 1) -130° ? 2) -13° ? 3) $+130^\circ$?

237. Два гази мають рівні об'єми, але температура одного -20° , а другого $+20^\circ$. Яке матимуть відношення їхні об'єми при температурі 0° ?

238. Як зміниться об'єм газу, коли підвищити температуру з 0° до 91° ?

239. Газ при 0° має об'єм 3 л. При якій температурі цей газ матиме об'єм 4 л?

Коли ж міняються й температура й тиск даної маси газу, то, обчислюючи об'єм газу, доводиться вживати й закон Бойля, й закон Гей-Люссака. Отже, якщо певна маса газу при температурі T_1 й тиску P_1 має об'єм V_1 , то об'єм V_2 при іншій температурі T_2 й іншому тиску P_2 обчислюється так: при температурі T_2 й першому тиску P_1 об'єм буде $V_1 \frac{T_2}{T_1}$, при температурі T_2 й тиску P_2 об'єм буде

$$V_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{P_1}{P_2} = V_2.$$

240. Газ при 0° і 760 мм має об'єм 200 см³. Який об'єм він матиме: 1) при 20° і 745 мм тиску? 2) -25° і 770 мм тиску?

241. Літр водню при 0° і 760 мм важить 0,0896 г. Скільки важить літр водню при: 1) $+20^{\circ}$ і 750 мм тиску? 2) 446° і 745 мм тиску? 3) $+273^{\circ}$ і 1520 мм тиску?

242. Здобуто 200 см³ газу при 17° і 753 мм тиску. Скільки важитиме цей газ, коли його густина відносно повітря 1,050? (літр повітря при 0° і 760 мм тиску важить 1,293 г).

243. В градуйованій трубці зібрано сухий водень. Об'єм газу 53,3 см³, атмосферовий тиск 750 мм. температура 21° ; рівень ртуті в трубці на 25,2 мм вищий за рівень ртуті в ванні. Який буде об'єм водню при 0° і нормальному атмосферовому тиску? Яка буде його вага?

244. Об'єм повітря 125 см³, температура 13° , тиск 750 мм. Знайти об'єм при 0° і 760 мм тиску.

245. Газ при 20° і атмосферовому тиску 754 мм має об'єм 3 л. Знайти об'єм при 0° і 760 мм тиску.

246. Маємо 20 см³ газу при 20° і 752 мм тиску. Знайти об'єм при 0° і 760 мм тиску.

247. В градуйованій трубці зібрано кисень; об'єм його 50 см³; рівень ртуті в трубці на 10 мм вище за рівень ртуті в ванні. Обчислити вагу кисню (вага 1 см³ кисню при 0° і 760 мм тиску 0,001429 г).

248. Газ має температуру 0° при тиску 760 мм; тиск збільшили вдвоє, а температуру поступінно підвищували, аж поки об'єм газу став дорівнювати початковому об'ємові. Яка остання температура газу?

249. Літр повітря важить 10° і 740 мм тиску 1,215 г. Скільки важить літр повітря при 0° і 760 мм тиску? Скільки важить 300 см³ повітря при 20° і 750 мм тиску?

РОЗДІЛ VIII

ДИСОЦІАЦІЯ ГАЗІВ

Дисоціацією звуть хемічну реакцію, що при ній молекуля розпадається на простіші молекулі (чи атоми). За постійного об'єму тиск, що чинить стінкам посудини маса вмісного газу, буде тим більший, що більша кількість молекул (чи атомів), на які розпадається початкова молекуля, і що далі йтиме цей розпад; густина в такому ж відношенні буде зменшуватись, якщо постійним буде не об'єм, а тиск.

Звичайно, про ступінь дисоціації можна дізнатися по тому, як зменшуватиметься густина відносно теоретичної. Зв'язок між ступенем дисоціації й змінюванням густини виводять в загальному вигляді таким чином.

Дамо, що α є ступінь дисоціації, цебто *та частина* даної маси газу (прийнятої за одиницю), яка дисоціює; недисоційована частина дорівнюватиме $1 - \alpha$. Визначмо через n число молекул (чи атомів), що на них розпадається молекуля даної речовини. Тоді з кожних N початкових молекул лишається $N(1 - \alpha)$ молекул, що не розпалися; $N\alpha$ молекул розпадається на $Nn\alpha$ нових молекул. Отже, з початкових молекул N ми здобудемо $N(1 - \alpha) + Nn\alpha$ чи $N[1 + (n - 1)\alpha]$ молекул, цебто число в $[1 + (n - 1)\alpha]$ більше за початкове; густина в стільки ж зменшиться. Визначмо через D нормальну густину (що мали б спостерігати за відсутности дисоціації), через d — густину, що дійсно спостерігаємо за дисоціації; тоді можна писати:

$$\frac{d}{D} = \frac{1}{1 + (n - 1)\alpha}$$

звідкіль

$$\alpha = \frac{D - d}{d(n - 1)}$$

У відсотках ступінь дисоціації, видимо, визначати доведеться так: $100\alpha = \frac{100(D-d)}{d(n-1)}$.

Останню формулу можна вивести й інакше трохи: позначмо ступінь дисоціації у відсотках через x ; тоді за дисоціації з кожних 100 початкових молекул лишиться $100 - x$ нерозкладених, x молекул, що розпалося, дадуть пх нових молекул (продуктів розпаду); отже з 100 початкових молекул буде $100 - x + px$ чи $100 + x(n-1)$ мол.; тоді

$$\frac{d}{D} = \frac{100}{100 - x(n-1)},$$

звідкіль

$$x = \frac{100(D-d)}{d(n-1)}$$

Найчастіш $n=2$, і ця формула набуває такого вигляду:

$$\alpha = \frac{D-d}{d}, \quad x = 100\alpha = \frac{100(D-d)}{d}$$

ВПРАВИ

250. Азот-IVоксид при температурі кипіння 27° має густину, щодо водню 38. Визначити ступінь дисоціації $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$.

251. При 1700° молекулярна вага фосфору дорівнює 91. Скільки відсотків P_4 дисоціює на P_2 ?

252. Густина пари сульфатової кислоти при 332° дорівнює 36,2 (відносно водню). Який ступінь дисоціації кислоти на ангідрид та воду?

253. Густина пари фосфорV-хлориду при 182° дорівнює 5,08, а при 290° дорівнює 3,7. Обчислити ступінь дисоціації $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$ за цих температур.

254. Густина хлору щодо водню при 1567° дорівнює 23,3. Обчислити ступінь дисоціації $Cl_2 \rightleftharpoons Cl + Cl$.

255. Густина пари бром у при 1570° дорівнює 52,7. Обчислити ступінь дисоціації $Br_2 \rightleftharpoons 2Br$.

256. Густина йодової пари щодо повітря дорівнює при 600° 8,72, при 1030° — 6,83, при 1500° — 4,5. З скількох атомів складається молекула йоду при 600° і при 1500° та який ступінь дисоціації при 1030° ?

РОЗДІЛ IX

МІШАНІ ЗАВДАННЯ

257. Скільки потрібно натрію, щоб вилучити з води 100 см^3 водню при температурі 15° і атмосферовому тиску 756 мм ?

258. Скільки кисню (об'ємом при 0° і 760 мм тиску) треба взяти, щоб окисдувати 48 г сірки в сульфит-ангідрид?

259. Скільки літрів карбонат-ангідриду (при 0° і норм. атм. тиску) можна здобути з $21,2 \text{ г}$ безводної соди?

260. Щоб нейтралізувати 10 см^3 розбавленої сульфатової кислоти, додали 20 см^3 розчину натрій-гідроксиду, що 1 л його містить 20 г натрій-гідроксиду. Визначити вміст сірчаної кислоти в літрі.

261. Коли згорів фосфор у кисні, стало 20 г фосфат-ангідриду. Скільки фосфору за цієї реакції окисдувало й який об'єм при 0° і 760 мм тиску кисню пішов на реакцію?

262. Розжарювали меркурійII-оксид і здобули 500 см^3 кисню, виміреного при 10° і 758 мм тиску. Скільки меркурійII-оксиду розклалося?

263. Розжарювали бертолетову сіль і здобули 500 см^3 кисню, виміреного при 20° і 752 мм тиску. Скільки бертолетової соли розклалося?

264. Діяли цинком на розведену сульфатову кислоту й здобули 10 л водню при 20° і 760 мм тиску. Скільки цинку пішло на реакцію?

265. Скільки утвориться води, якщо розжарювати 30 г мідьII-оксиду в струмені водню, та який об'єм водню піде на реакцію (об'єм при 0° і 760 мм тиску)?

266. Скільки треба взяти цинку й сульфатової кислоти, щоб здобути 1 л водню при 17° і 755 мм тиску?

267. Який об'єм хлору, виміреного при 15° і 752 мм тиску, можна здобути з кожного кіло піролюзиту, що має 82,51% MnO_2 , якщо на нього діяти надвишком хлоридної кислоти?

268. 2 л метану спалено в кисні. Скільки кисню, виміреного при 0° і 760 мм тиску, пішло на горіння, скільки здобули вуглекислого газу (об'ємом при 0° і 760 мм тиску), скільки (вагою) утворилося води?

269. Діяли натрієм на воду й дістали 3 л водню при 20° і 749 мм тиску. Яка кількість натрію пішла на реакцію?

270. Коли діяли гальванічним струмом на воду, здобули 360 см^3 гримучого газу, виміреного при 15° і норм. атм. тиску. Скільки води розкладено струмом?

271. Редукуючи мідь II'-оксид воднем, здобули 5,9 г води. Скільки відновили мідь II'-оксиду й який об'єм водню (при 0° і 760 мм тиску) пішов на реакцію?

272. Скільки літрів кисню, виміреного при 15° і 750 мм тиску, можна здобути з 100 г бертолетової соли й скільки тут утвориться калій-хлориду?

273. 10 г міді гріли з сульфатовою кислотою. Сірковий газ, що утворився при цьому, зібрано при 25° і 765 мм тиску. Який має бути його об'єм?

274. Нагріваючи амоній-нітрат, здобули 2,5 л азоті-оксиду. Вимірили газ при 39° і 741 мм тиску. Скільки розклали амоній-нітрату?

275. Щоб спалити сірку в кисні, потрібно було 1 л кисню, виміреного при 0° і 760 мм тиску. Скільки було сірки та який об'єм сіркового газу (при 0° і 760 мм тиску)?

276. Розчиняючи залізо в хлоридній кислоті, видобули 250 см^3 водню, виміреного при 0° і 760 мм. Найдіть вагу розчиненого заліза й вагу соли, що утворилася.

277. За нормальних умов 100 см^3 певного газу важать 0,1971 г (1 л водню за нормальних умов важить 0,0896 г). Найдіть молекулярну вагу цього газу.

278. Змішано 20 см³ водень-сульфіду й 15 см³ хлору. Найдіть об'єм і склад газової суміші після реакції (температура й тиск весь час однакові).

279. Взяли 20 см³ вуглець І-оксиду й 15 см³ кисню. Найдіть об'єм і склад газової суміші після реакції (за однакових умов температури й тиску).

280. Аналізуючи 2 г речовини, що складається з вуглецю, водню й кисню, найшли, що вуглекислий газ і вода, які утворюються, коли спалити цю речовину, важать 2,9334 г і 1,2006 г. Густина пари речовини відносно повітря дорівнює 2,088. Встановити хемічну формулу речовини й написати рівняння горіння.

281. Спалено 1 г невідомої речовини; одержали після цього 0,579 г вуглекислого газу й 1,684 г сіркового газу. Встановити формулу речовини (найпростішу) і написати рівняння горіння.

282. Сполуку заліза з сіркою спалювали в струмені повітря (в скляній трубці). Продукти реакції, Fe₂O₃ й SO₂, важили 3,20 г і 5,12 г. Встановити формулу (найпростішу) цієї сполуки заліза, знайти її кількість і написати рівняння реакції, що відбувалася під час обпалювання.

283. Спалено 1,6 г невідомої речовини; здобуто після цього 4,4 г CO₂ і 3,6 г H₂O. Встановити формулу (найпростішу) речовини й написати рівняння реакції горіння.

284. Який буде об'єм при 15° і 760 мм тиску суміші водню й кисню, що її здобули, розкладаючи електричним струмом 1 см³ води?

285. Скільки вуглецю (вагою) міститься в 1 л вуглекислого газу, виміреного при 0° і 760 мм тиску?

286. Над 10 г розжареного мідьІІ-оксиду пропущено 11,12 л водню, виміреного при 0° і 760 мм тиску. Скільки утворилося міді, скільки лишилося незмінного мідьІІ-оксиду, скільки утворилося води?

287. Встановити формулу сполуки, що має склад 45,37% цинку й 54,63% хлору; густина пари її відносно повітря 9.

288. Встановити формулу сполуки, що має склад 10,3% алюмінію й 89,7% бром, густина пари щодо повітря 18,6.

289. Встановити формулу сполуки, що має в складі 20,20% фосфору, 69,38% хлору й 10,42% кисню; густина пари відносно повітря 5,4.

290. Встановити формулу сполуки, що має в складі 30,43% азоту й 69,57% кисню; густина відносно повітря 1,59.

291. Розжареною порцеляною трубкою з залізними ошурками пропускають водяну пару до повної оксидації заліза (до постійної ваги). Вважаючи, що реакція йде за рівнянням $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$, визначити, скільки здобули водню (об'ємом при 0° і 760 мм тиску) й скільки було заліза в трубці, коли вага оксиду Fe_3O_4 дорівнювала 17,4 г?

292. N_2O_4 (азотIV-оксид) з водою дає нітратову й нітритову кислоту. Напишіть відповідне рівняння й структурну формулу N_2O_4 .

293. Знаючи, що залізо дає оксиди FeO й Fe_2O_3 , напишіть структурну формулу сполуки Fe_3O_4 , яку часто позначають, як $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$. Складіть рівняння, як діє хлоридна кислота на сполуку Fe_3O_4 .

294. Знаючи, що оливо дає два оксиди: один основний, другий кислотний, а саме оливоII-оксид PbO й оливоIV-оксид чи ангідрид плюмбатової кислоти PbO_2 , написати структурну формулу й назвати правильно сполуку Pb_2O_3 й Pb_3O_4 (манія).

295. Знаючи, що манган дає один основний оксид, саме манганII-оксид MnO , й три кислотних, а саме манганIV-оксид чи ангідрид манганітової кислоти MnO_2 , ангідрид манганатової кислоти MnO_3 і ангідрид перманганатової кислоти Mn_2O_7 , напишіть структурні формули й подайте назви сполук Mn_2O_3 й Mn_3O_4 .

296. Який об'єм (вимірений при 0° і 760 мм тиску) хлору може сполучитися з 1 г водню? Який має бути об'єм водень-хлориду (за тих же умов)?

297. Скільки (вагою й об'ємом за нормальних умов) потрібно хлору, щоб вилучити весь азот з 1 л амоніяку, виміреного за нормальних умов?

298. Скільки фосфору згорить в 2 л N_2O , виміреного за нормальних умов?

299. Визначити концентрацію (в вагових відсотках) розчину нітратової кислоти, що її 1 г нейтралізує 0,0448 г калій-гідроксиду.

300. Який об'єм (за нормальних умов) водень-сульфіду здобудемо з 1 кг залізоII-сульфіду?

301. Скільки шістдесятвідсоткової сірчаної кислоти можна здобути з кожного кілограму залізного іскришу (піриту FeS_2), що має 8% непридатної породи?

302. Який з газів важчий: амоніак чи водень-сульфід і в скільки разів?

303. Який і в скільки разів газ важчий: хлор чи сірковий газ?

304. Амоніак важчий повітря чи легший і в скільки разів?

305. Водень-сульфід важчий чи легший повітря і в скільки разів?

306. Яка густина азоту відносно кисню?

307. Яка густина азотII-оксиду відносно водню й повітря?

308. Яка густина пари фосфорIII-хлориду відносно кисню й повітря?

309. Метан CH_4 з киснем дає вибухову суміш. За яких об'ємних відношень цих газів сила вибуху буде найбільша?

310. Ацетилен C_2H_2 з киснем дає вибухову суміш. За яких об'ємових відношень цих газів сила вибуху буде найбільша?

311. За якого відсоткового вмісту метану в повітрі повинен бути найбільший вибух. Який за цих умов буде склад повітря, вважаючи за нормальний стан повітря з 79% азоту й 21% кисню?

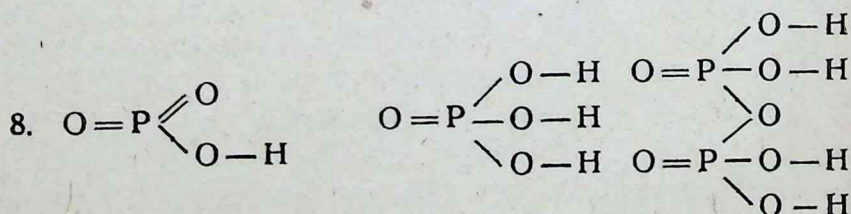
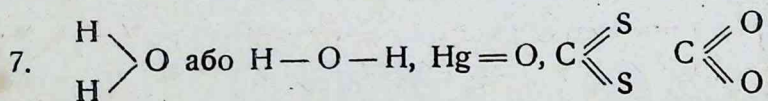
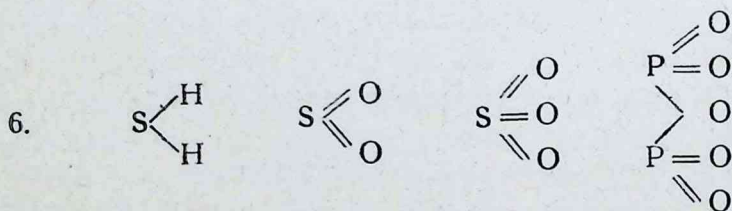
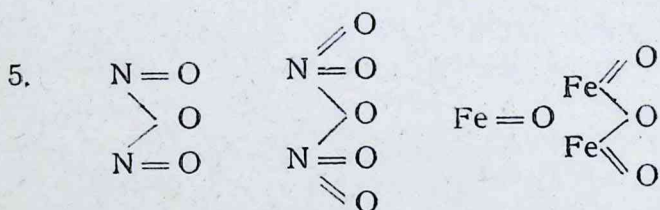
312. Який об'єм повітря, виміреного при 0° і 760 мм тиску (вважаємо, що повітря складається з 79% об'ємових азоту й 21% кисню), потрібно, щоб спалити 100 кг деревного вугілля з 90% вуглецю в вуглекислий газ? Якого складу в об'ємових відсотках будуть вихідні гази?

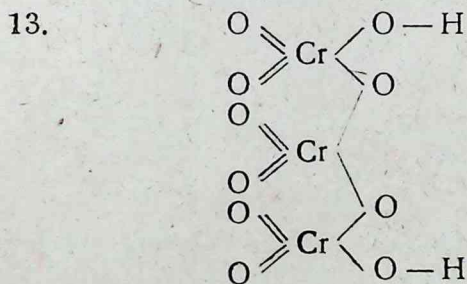
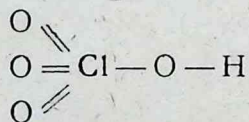
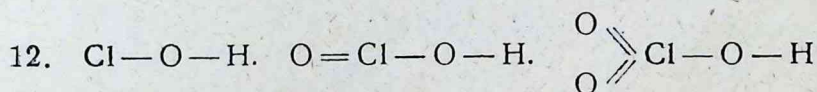
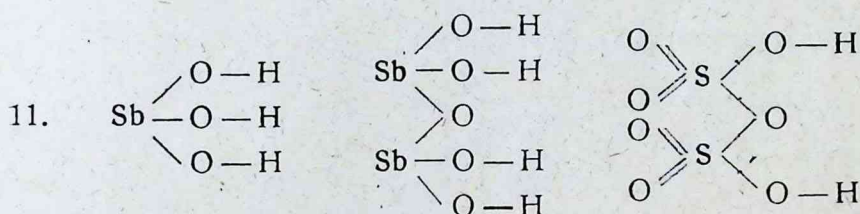
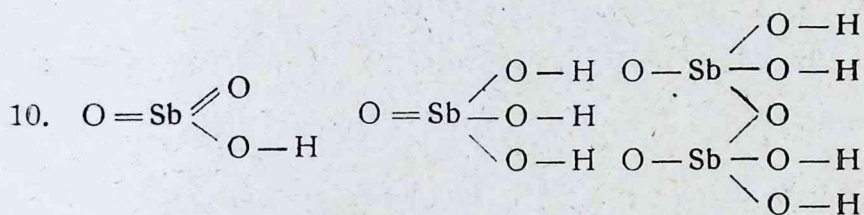
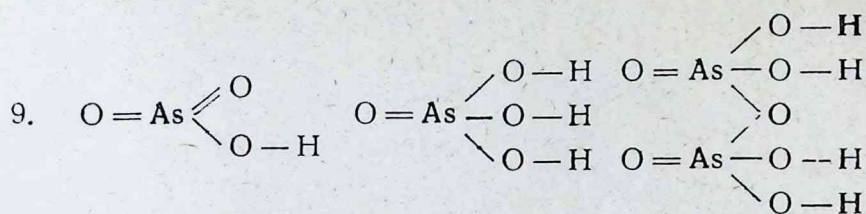
313. Який об'єм повітря, виміреного при 0° і 760 мм тиску, треба, щоб спалити 1 м³ генераторного газу, що складається з 5,3% вуглекислого газу, 23,7% вуглецьII-оксиду, 6,5% водню, 1,9% метану й 62,6% азоту (об'ємно)?

ВІДПОВІДІ ТА РОЗВ'ЯЗАННЯ

РОЗДІЛ I

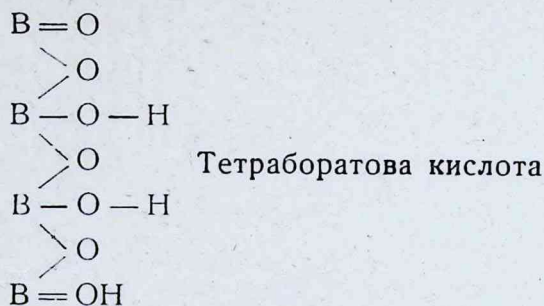
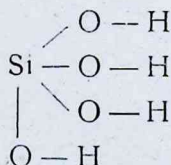
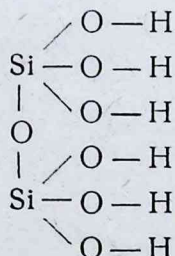
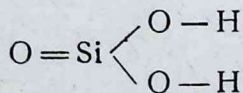
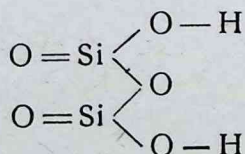
1. Al_2O_3 , P_2O_5 , HgO
2. SO_2 , SO_3 , N_2O_3 , N_2O_5
3. H_2S , BaCl_2 , FeS , CS_2
4. FeCl_2 , FeCl_3 , Sb_2S_3 , As_2O_5





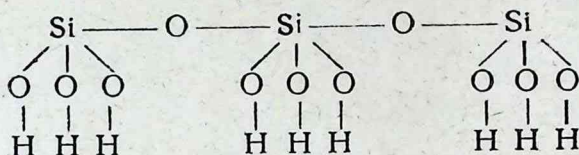
Трихроматова кислота

14.

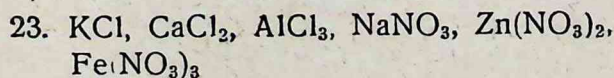
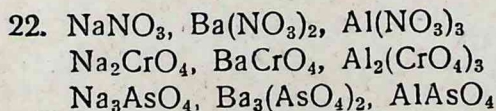
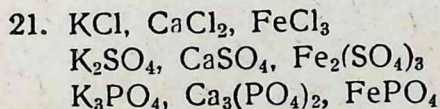
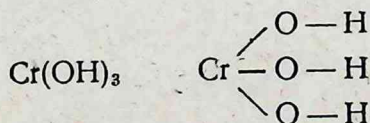
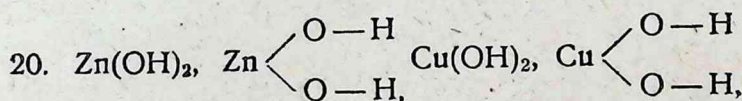
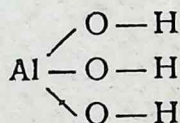
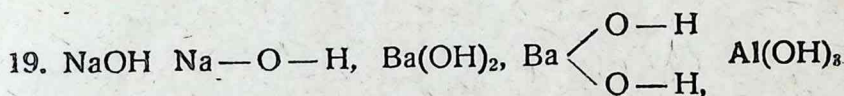
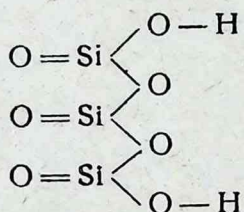
15. Ортосилікатова кислота $\text{Si}(\text{OH})_4$ має структуру:Біортосилікатова кислота SiO_7H_6 має структуру:16. Метасилікатова кислота H_2SiO_3 має структуру:Біметасилікатова кислота $\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ має структуру:

17. Триортосилікатову кислоту виводять з трьох молекул ортосилікатової кислоти, відлучуючи дві молекули

води, цебто вона мусить мати формулу $\text{Si}_3\text{O}_{10}\text{H}_8$ і таку будову:

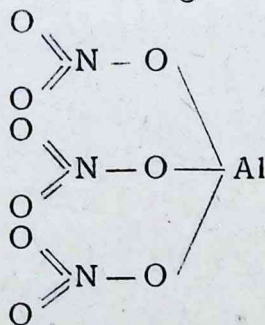
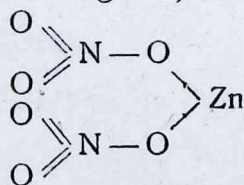
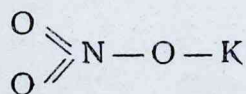
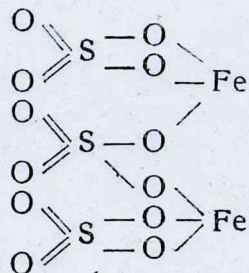
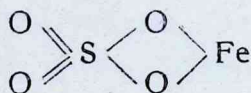
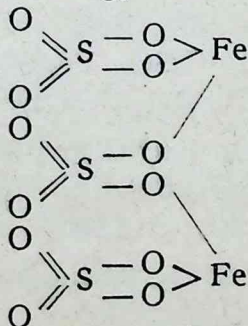
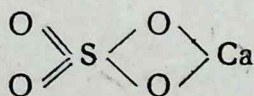
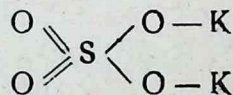
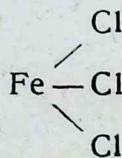
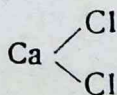


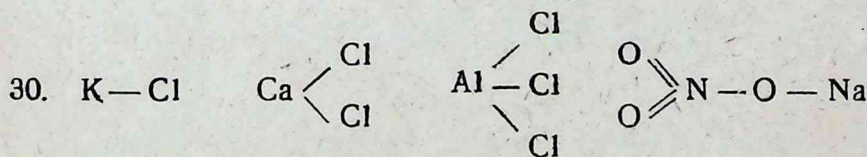
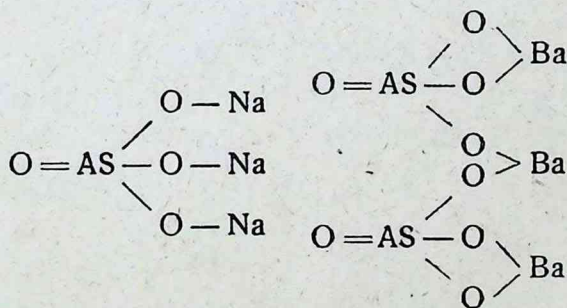
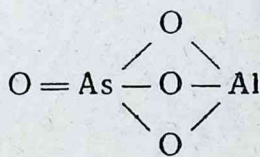
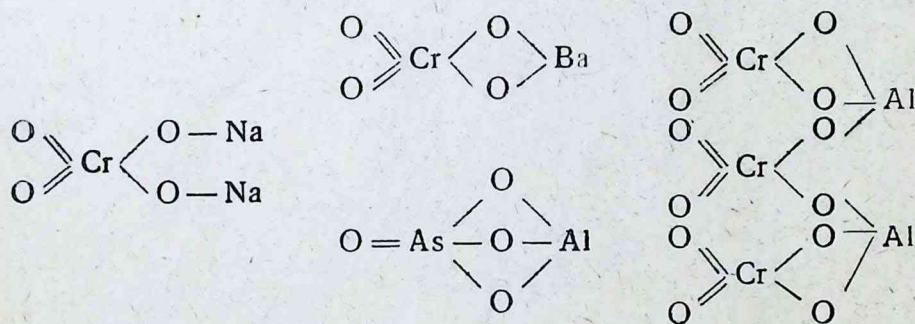
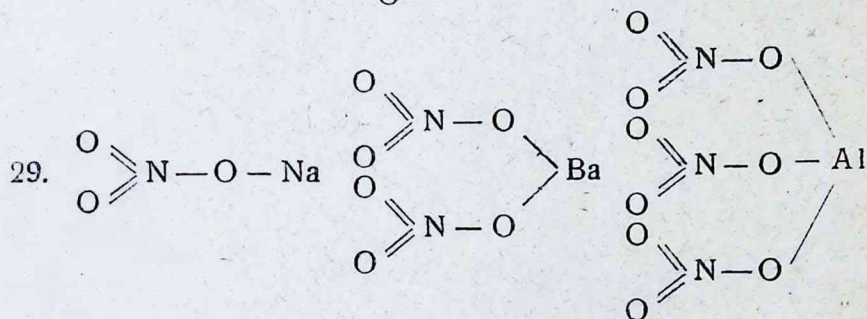
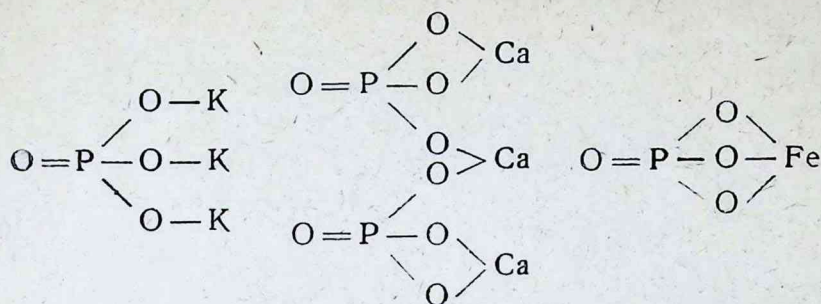
18. Триметасилікатову кислоту виводять з трьох молекул метасилікатової кислоти H_2SiO_3 , відлучуючи дві молекули води, цебто вона матиме! такий склад: $\text{H}_2\text{Si}_3\text{O}_7$, і таку будову:

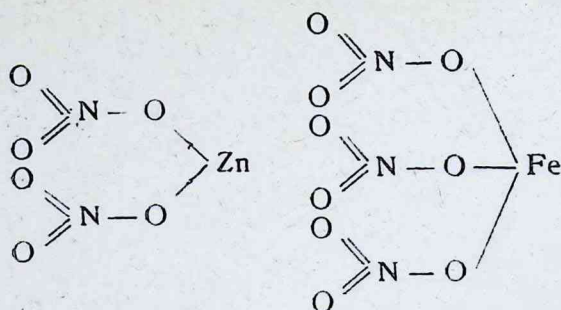


24. Na_2SO_4 , ZnSO_4 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, Na_3PO_4 , $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$, FePO_4 .
25. $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$, $\text{Na}_4\text{As}_2\text{O}_7$, $\text{Al}_4(\text{P}_2\text{O}_7)_3$.
26. NaPO_3 , $\text{Ca}(\text{PO}_3)_2$, $\text{Al}(\text{AsO}_3)_3$

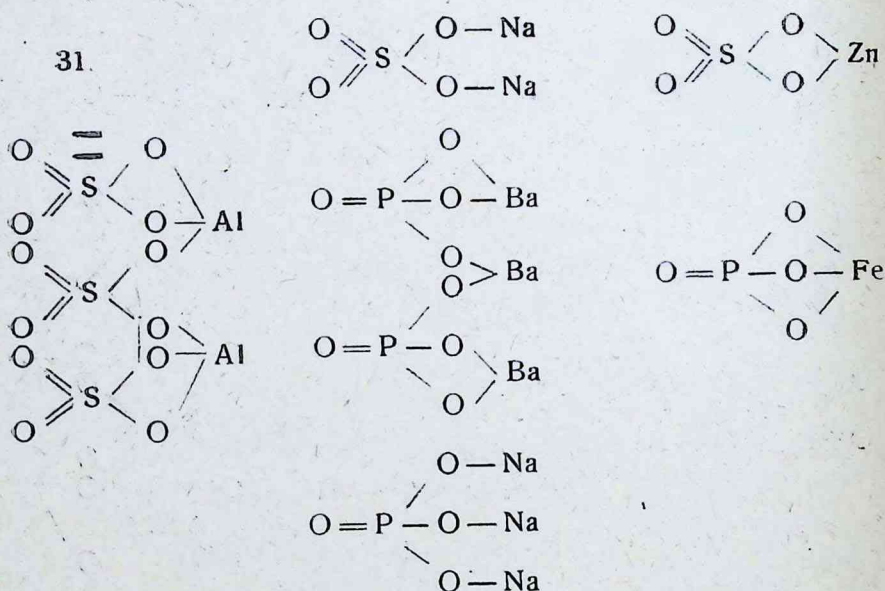
27.

28. $\text{K}-\text{Cl}$ 

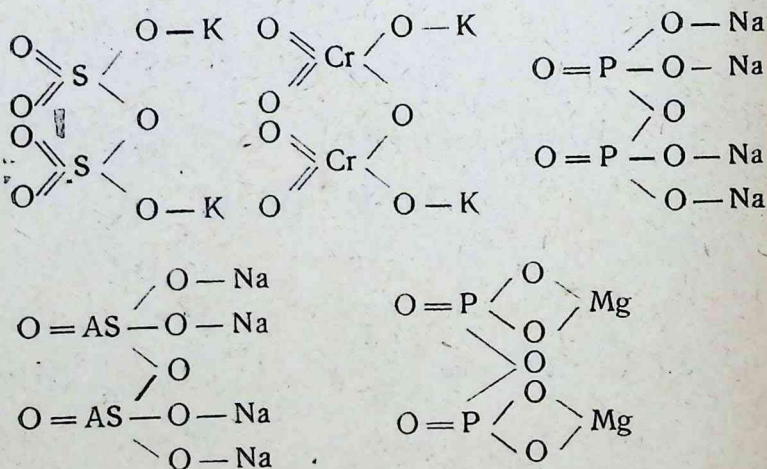




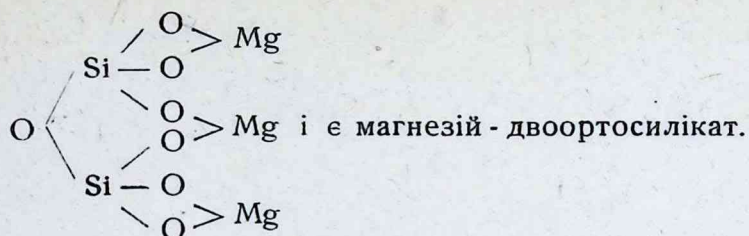
31.



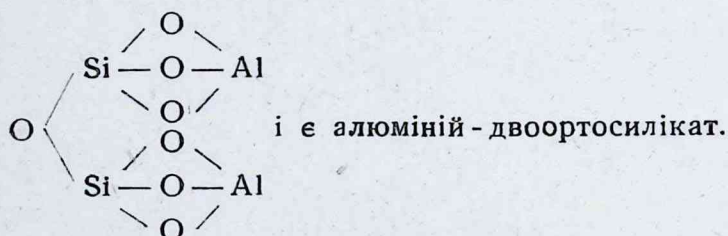
32.



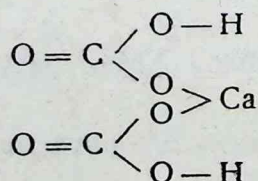
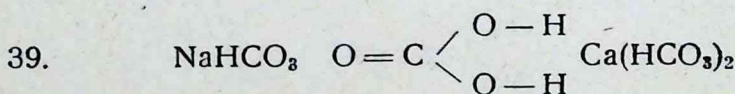
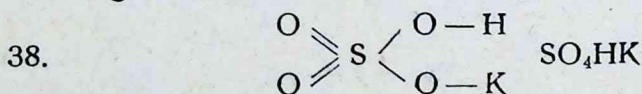
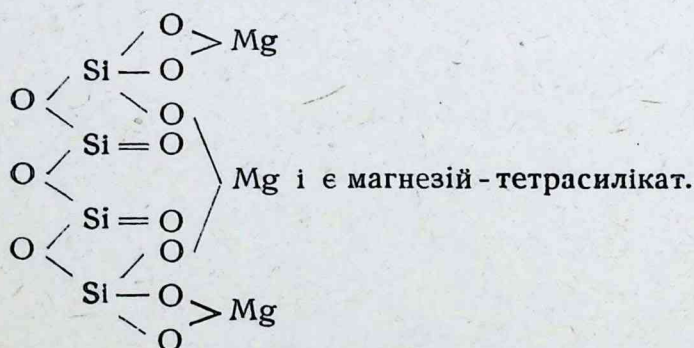
35. Сполука $2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{MgO}$ або $\text{Si}_2\text{O}_7\text{Mg}_3$ має будову

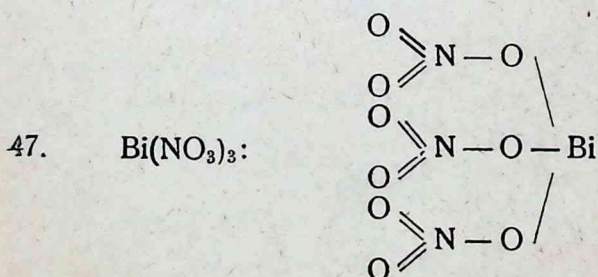
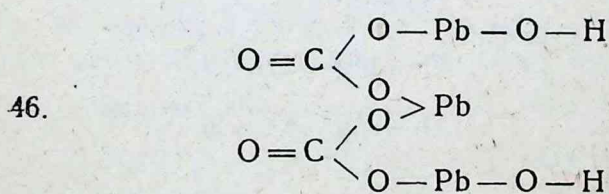
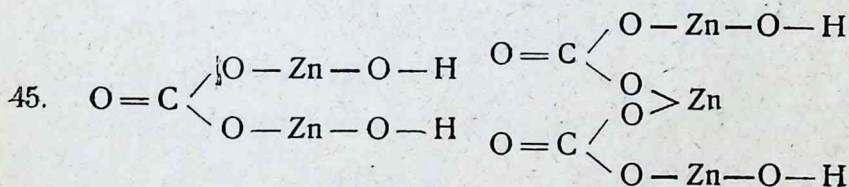
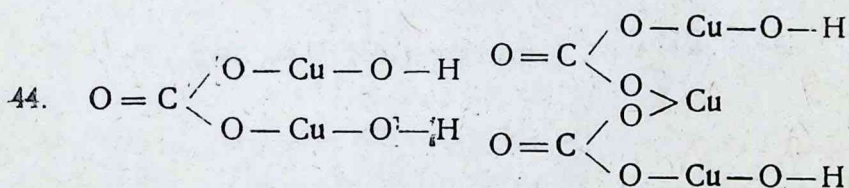
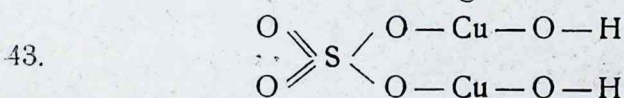
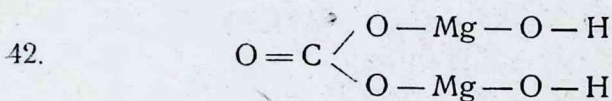
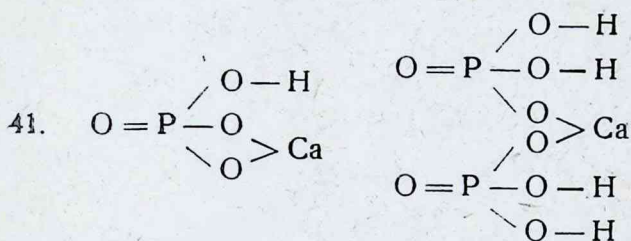
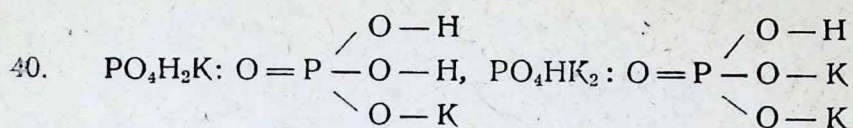


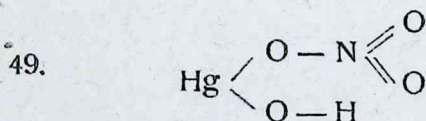
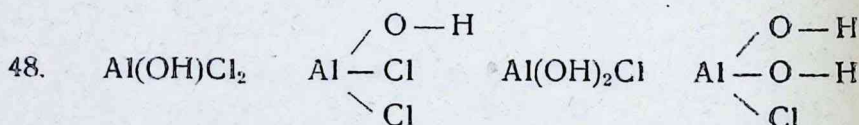
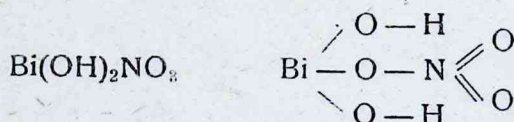
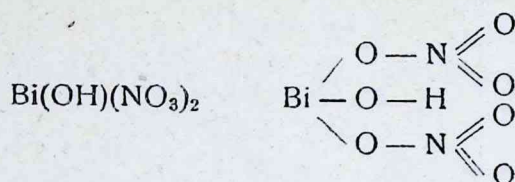
36. Сполука $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ або $\text{Si}_2\text{O}_7\text{Al}_2$ має будову



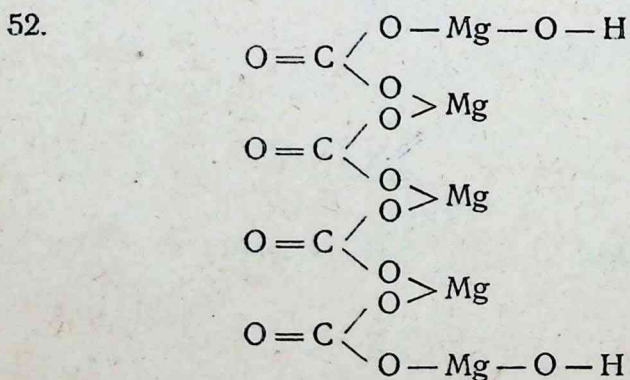
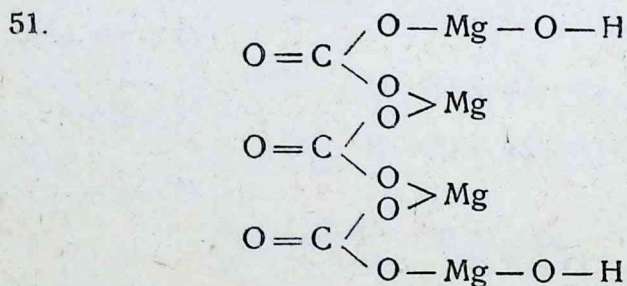
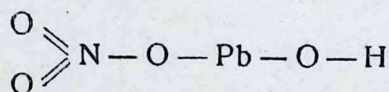
37. Сполука $4\text{SiO}_2 \cdot 3\text{MgO}$ або $\text{Si}_4\text{O}_{11}\text{Mg}_3$ має будову

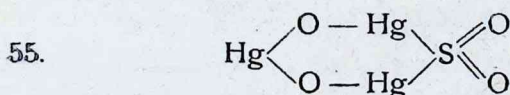
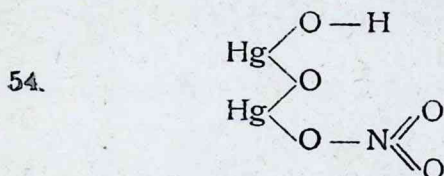
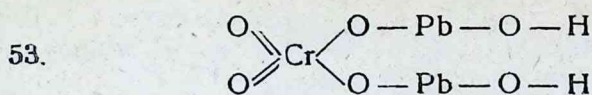






50. $\text{Pb(NO}_3)_2\text{OH}$. Структура цієї соли така:





РОЗДІЛ II

56. $\text{NaCl} - 58,5$; $\text{CO}_2 - 44$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 160$.

57. $\text{NO}_3\text{H} - 63$; $\text{CO}_3\text{Ca} - 100$; $\text{PO}_4\text{H}_3 - 98$; $\text{H}_2\text{SO}_4 - 98$.

58. $\text{K}_2\text{CO}_3 - 138$; $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 - 86$; $\text{Al}(\text{SO}_4)_3 - 342$.

59. $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} - 244$; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} - 249,3$.

$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - 278$; $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O} - 666$.

60. $\text{FeSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O} - 392$.

$\text{Al}(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O} - 948$.

61. Кухенна сіль: натрію $39,3\%$, хлору $60,68\%$.

62. МеркурійII - оксид: меркурію $92,59\%$, кисню $7,41\%$.

63. Срібло - нітрат: азоту $8,23\%$, кисню $28,23\%$, срібла $63,53\%$.

64. Амоніак: азоту $82,35\%$, водню $17,65\%$; амоній - хлорид: азоту $26,17\%$, водню $7,48$, хлору $66,35\%$.

65. Водень - пероксидат: кисню $94,06\%$, водню $5,94\%$.

66. Кальцій - карбонат: вуглецю 12% , кисню 48% , кальцію 40% ; вапна 56% .

	азоту	кисню
67. Азот - оксид N_2O	$63,63\%$	$36,37\%$
азотII - оксид NO	$46,46\%$	$53,54\%$
азотIII - оксид N_2O_3	$36,84\%$	$63,16\%$
азотIV - оксид NO_2	$30,43\%$	$69,57\%$
азотV - оксид N_2O_5	$25,92\%$	$74,08\%$

68. PbS — олива 86,55%, сірки 13,45%; MnO_2 — мангану 63,22%, кисню 36,78%; Fe_2O_3 — заліза 70%, кисню 30%; Fe_3O_4 — заліза 72,41%, кисню 27,59%.

69. Відсотковий вміст кристалізаційної води в $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 45,32%.

70. Вміст H_2O у кристалічній соді $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ — 62,39%.

71. Вміст кристалізаційної води у $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ — 14,73%.

72. Вміст кристалізаційної води в $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ — 36,06%.

73. Відсотковий склад барій - хлориду $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ — барію 56,22%, хлору 29,05%, кристалізаційної води 14,73%.

74. Склад синього каменю — міді 25,48%, сірки 12,82%, кисню 25,64%, кристалізаційної води 36,06%.

75. 16,67% фосфору, 58,33% кисню, 25,0% магнезій; магнезій - оксиду 41,67%.

РОЗДІЛ III

76. PbO . 77. HgCl_2 . 78. As_2O_3 . 79. Sb_2S_5 . 80. Fe_2O_3 . 81. PO_4H_3 . 82. AgNO_3 . 83. $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$. 84. SO_4H_2 . 85. KNO_3 . 86. NH_4NO_3 . 87. $\text{H}_4\text{As}_2\text{O}_7$. 88. $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. 89. $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$.

90. Перший спосіб розв'язання. Кількість води у даному наважку кристалічної соди дорівнює $5,000 - 1,853 = 3,147$. Позначаючи склад кристалічної соди через $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ і знаючи молекулярну вагу Na_2CO_3 (106) та води (18), можемо, на зразок попередніх прикладів, написати пропорцію:

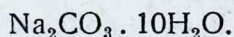
$$106 : 18x = 1,853 : 3,147, \text{ з якої } x = 10.$$

Другий спосіб розв'язання. Позначаючи, число молекул кристалізаційної води через x , можемо написати пропорцію:

$$\frac{106 + 18x}{106} = \frac{5}{1,853}, \text{ відци } x = 10.$$

Третій спосіб розв'язання. Знаючи, що 1,853 безводної соди, перетворюючися на соду кристалічну, прилучають 3,147 г води, легко вирахувати, що 106 г. безводної соди,

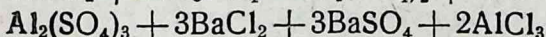
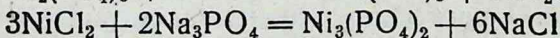
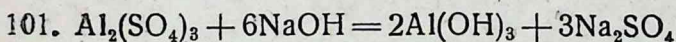
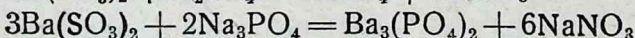
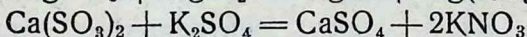
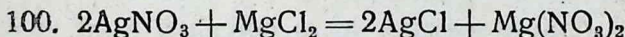
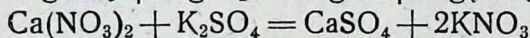
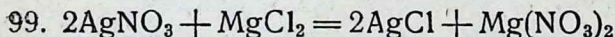
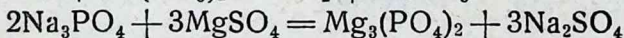
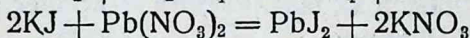
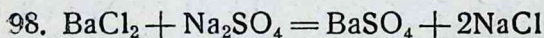
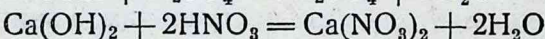
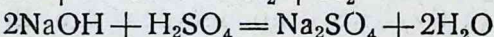
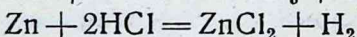
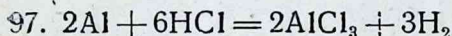
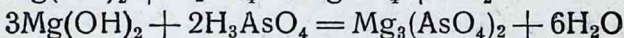
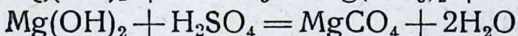
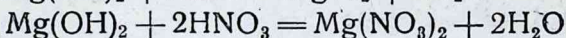
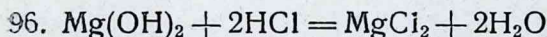
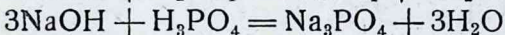
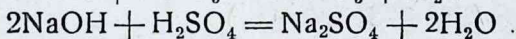
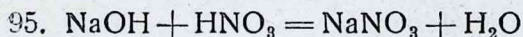
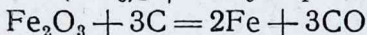
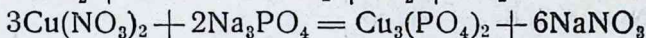
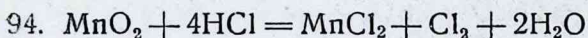
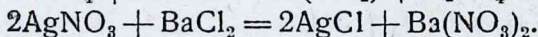
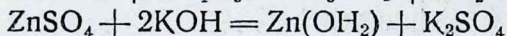
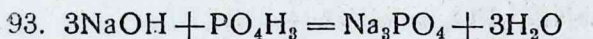
тобто 1 грам-молекуля прилучає 180 г води, тобто, 10 грам-молекул. Отже, формула кристалічної соди має бути ось яка:



91. $\text{BaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (див. розв'язання попередньої задачі).

92. $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

РОЗДІЛ IV



102. $2\text{AgNO}_3 + \text{K}_2\text{CrO}_4 = \text{Ag}_2\text{CrO}_4 + 2\text{KNO}_3$
 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{S} = \text{CuS} + 2\text{HNO}_3$
 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{CaCl}_2 = 3\text{CaSO}_4 + 2\text{AlCl}_3$
103. $2\text{Na}_2\text{SbO}_4 + 3\text{BaCl}_2 = \text{Ba}_3(\text{SbO}_4)_2 + 6\text{NaCl}$
 $2\text{K}_3\text{AsO}_4 + 3\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 = \text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2 + 6\text{KNO}_3$
 $3\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 + 4\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 = \text{Fe}_4(\text{P}_2\text{O}_7)_3 + 12\text{NaNO}_3$
104. $3\text{K}_4\text{Sb}_2\text{O}_7 + 2\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 = \text{Fe}_4(\text{Sb}_2\text{O}_7)_3 + 6\text{K}_2\text{SO}_4$
 $3\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{Al}(\text{NO}_3)_3 = \text{Al}_2(\text{SiO}_3)_3 + 6\text{NaNO}_3$
 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 + (\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 = \text{AlPO}_4 + 3\text{NH}_4\text{NO}_3$
105. $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
 $\text{C}_2\text{H}_6\text{O} + 3\text{O}_2 = 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$
 $2\text{H}_2\text{S} + 3\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{SO}_2$
106. $4\text{HNO}_3 = 4\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
107. $2\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 = 2\text{PbO} + 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$
108. $2\text{FeO} + \text{C} = 2\text{Fe} + \text{CO}_2$
 $2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{C} = 4\text{Fe} + 3\text{CO}_2$
 $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 2\text{C} = 3\text{Fe} + 2\text{CO}_2$
109. $2\text{CO} + 2\text{H}_2 = \text{CO}_2 + \text{CH}_4$
110. $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} = 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{S}$
111. $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3$
 $\text{CS}_2 + 3\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{SO}_2$
 $2\text{C}_2\text{H}_6 + 7\text{O}_2 = 4\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

112. 1) Нейтральний атом сірки стає негативним двовалентним; отже, перехід S в H_2S є процес редукції. 2) Атом сірки негативно двовалентний стає нейтральним, а зниження негативної валентності є процес оксидації. 3) Нейтральний атом сірки стає позитивним чотиривалентним — процес оксидации. 4) Оксидация. 5) Редукція.

113. 1) Оксидация. 2) Оксидация. 3) Редукція.

114. У першом [випадку] атом азоту з негативно тривалентного стає позитивно п'ятивалентним, цебто йде оксидация; у другим випадку — [редукція].

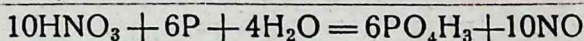
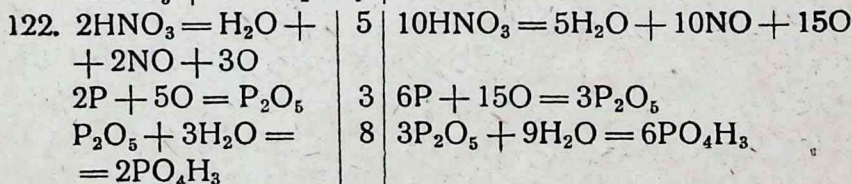
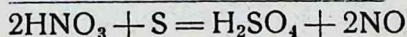
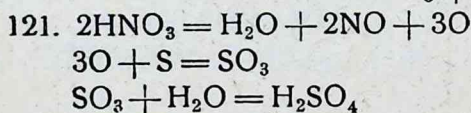
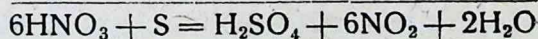
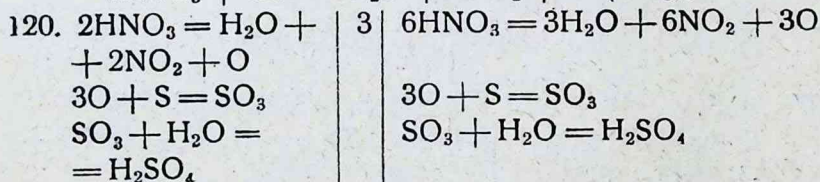
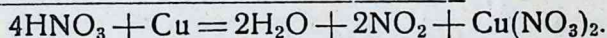
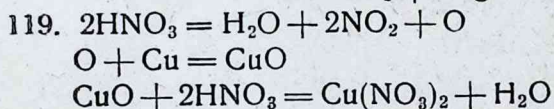
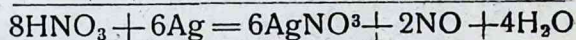
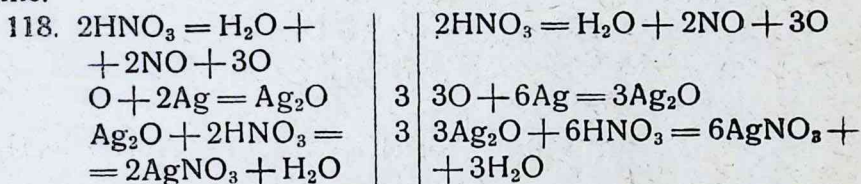
115. Позитивно одновалентний атом срібла й позитивно тривалентний [атом золота стають [нейтральними атомами. Зниження (в данім разі до нуля) позитивної валентності є процес редукції].

116. Оксидация — негативно чотиривалентний вуглець обиться позитивно чотиривалентним.

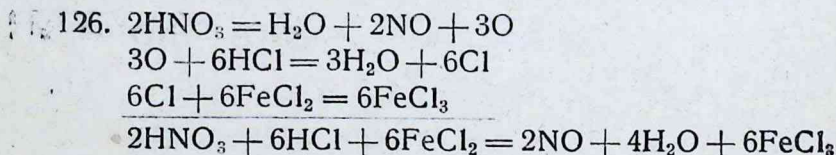
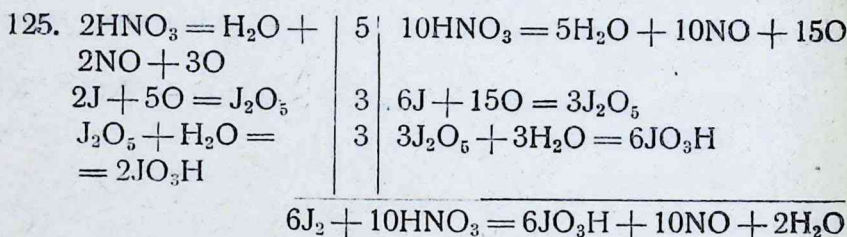
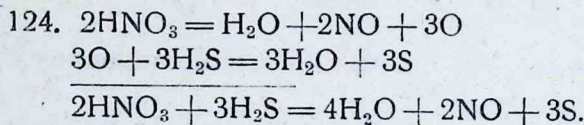
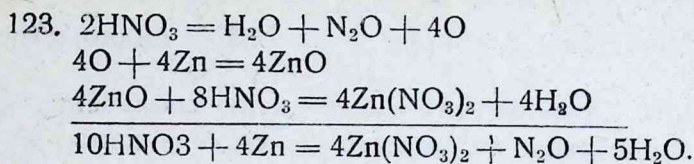
117. Із структурної формули $\begin{array}{c} \text{H}-\text{O} \\ \text{H}-\text{O} \end{array} \text{S} \begin{array}{c} \text{O} \\ \text{O} \end{array}$ видно, що чо-

тири негативно двовалентних атоми кисню сполучено з одним позитивно шестивалентним атомом сірки й двома позитивно одновалентними атомами водню.

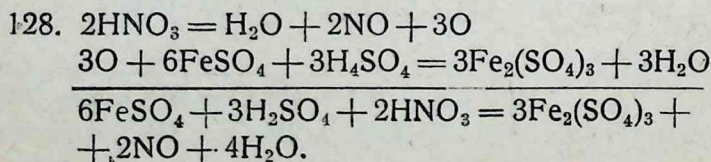
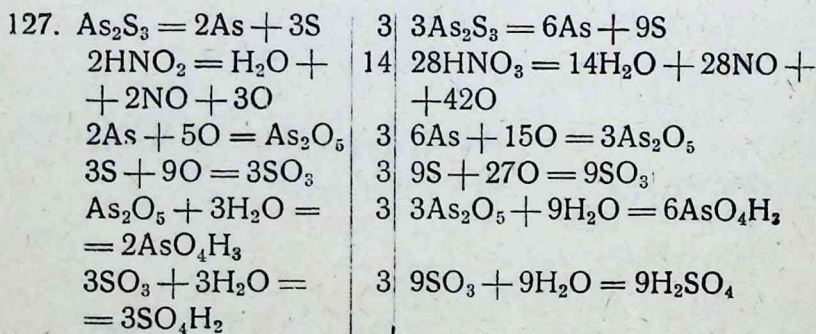
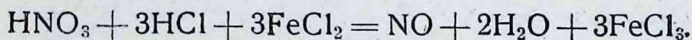
В молекулі $\text{K}-\text{O}-\text{N} \begin{array}{c} \text{O} \\ \text{O} \end{array}$ три негативно двовалентних атоми кисню сполучено з одним позитивно п'ятивалентним атомом азоту й одним позитивно одновалентним атомом калію.



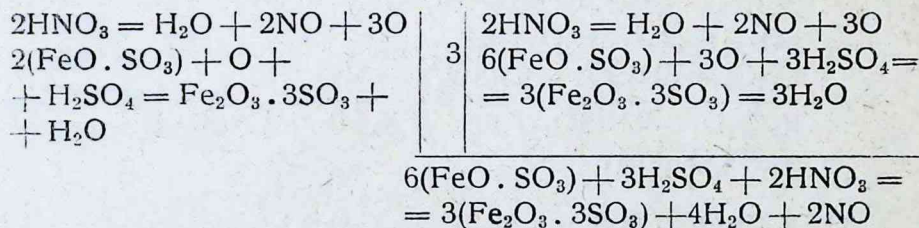
чи, після скорочення, $3\text{P} + 5\text{HNO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} = 3\text{PO}_4\text{H}_3 + 5\text{NO}$



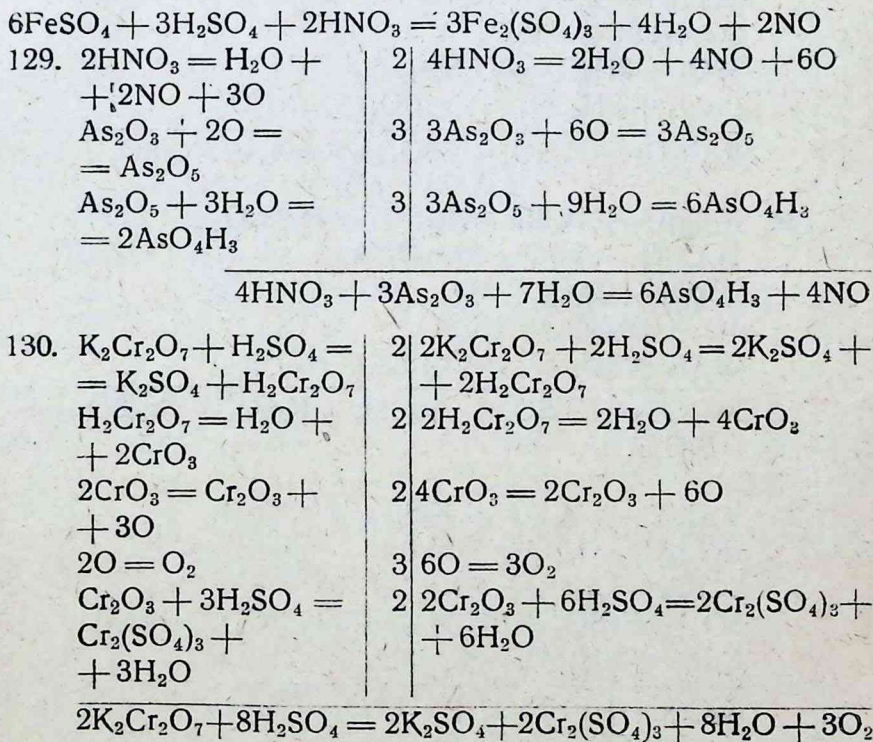
чи після скорочення на 2:

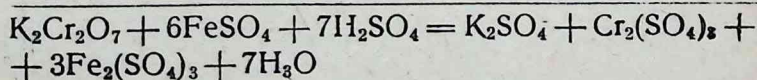
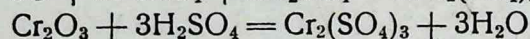
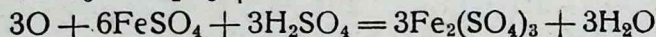
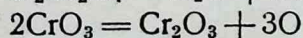
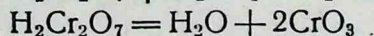
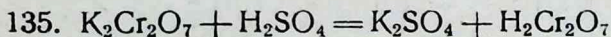
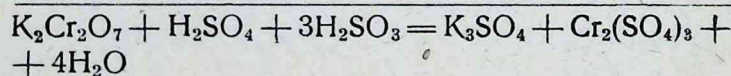
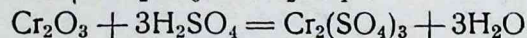
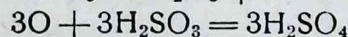
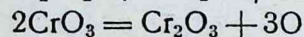
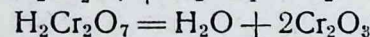
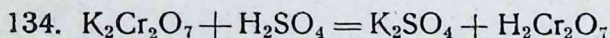
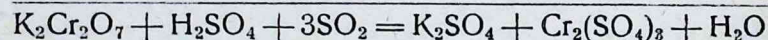
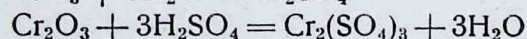
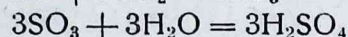
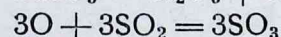
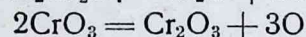
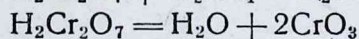
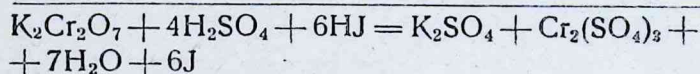
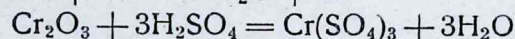
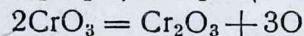
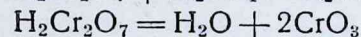
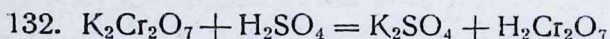
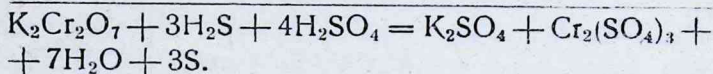
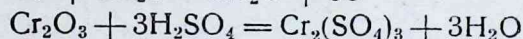
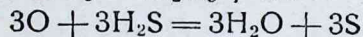
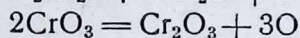
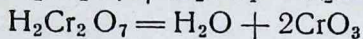
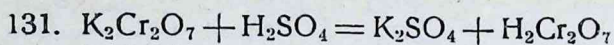


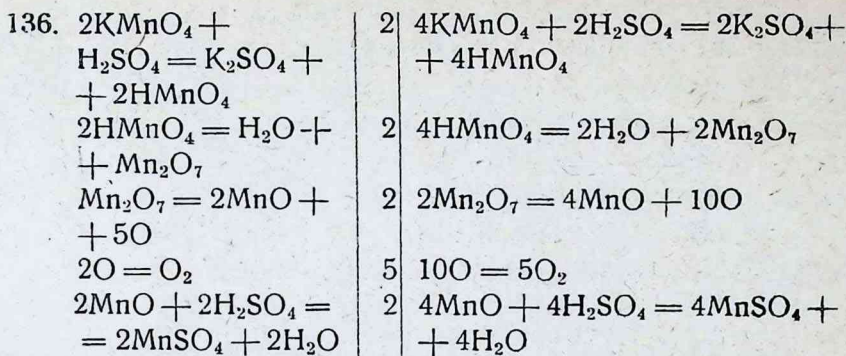
Якщо скористуватися з старих дуалісти них формул, що за ними сіль є сполука основного оксиду кислотним, і замість FeSO_4 написати $\text{FeO} \cdot \text{SO}_3$, а замість $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ написати $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SO}_3$, то, буде цілком очевидно, що для переводу FeSO_4 в $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, цебто для процесу $\text{FeO} \cdot \text{SO}_3 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SO}_3$, треба дужче оксидувати залізо (для цього до кожних двох молекул FeO доведеться додавати один атом кисню), і, крім того, на кожні дві молекули FeSO_4 додати одну молекулу SO_3 (що фактично й переводиться, коли добавляють 1 мол. H_2SO_4 на кожні 2 мол. FeSO_4). Повне розв'язання завдання виглядатиме так:



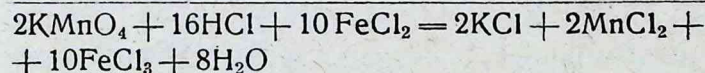
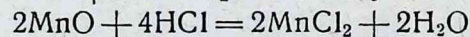
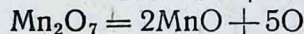
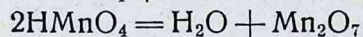
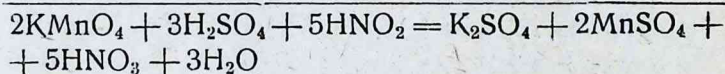
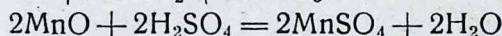
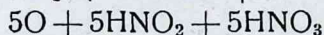
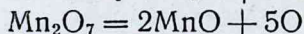
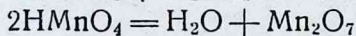
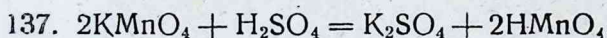
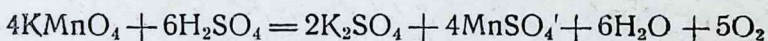
або в звичайному позначенні



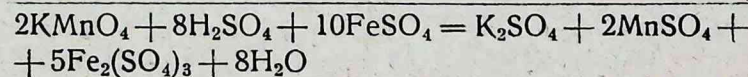
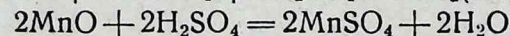
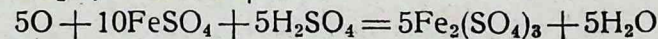
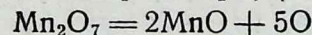
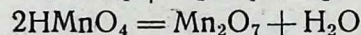
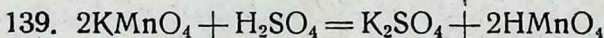




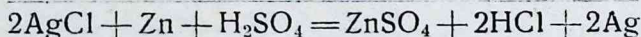
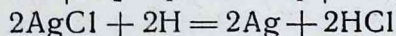
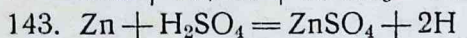
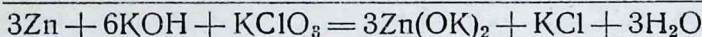
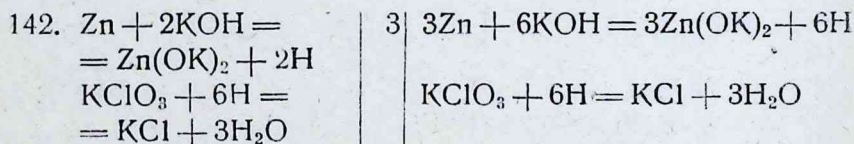
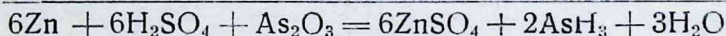
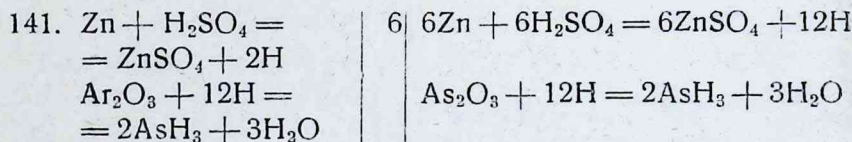
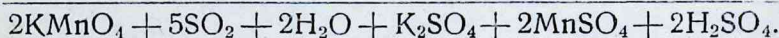
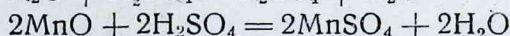
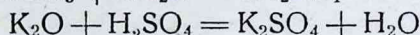
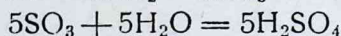
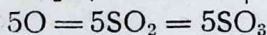
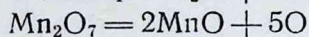
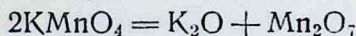
Підсумовуючи останні п'ять рівнянь, маємо:



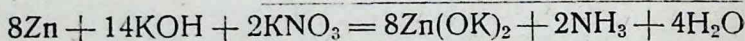
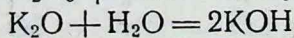
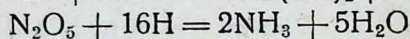
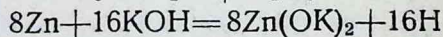
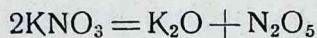
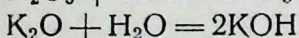
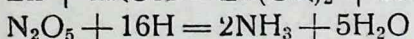
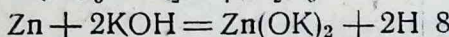
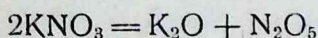
або після спрощення:



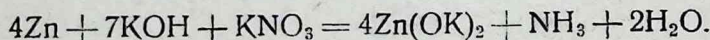
140. Розглядаючи калій - перманганат як сполуку перманганат - ангідриду й калій - оксиду, можна подати низку таких рівнянь

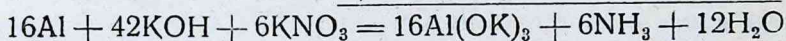
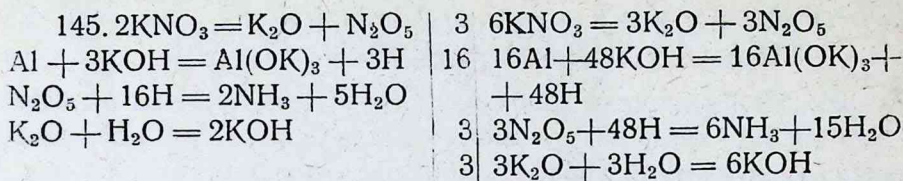


144. Тому, що азот, який увіходить до складу молекули салітри, редукується в амоніак, а калій, очевидно, утворює калій - гідроксид, можна дуалістичною формулою салітру записати як сполуку калій - оксиду з азотV-оксидом, тоді:

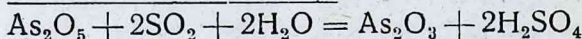
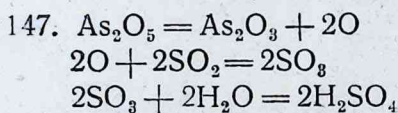
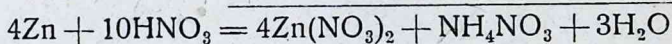
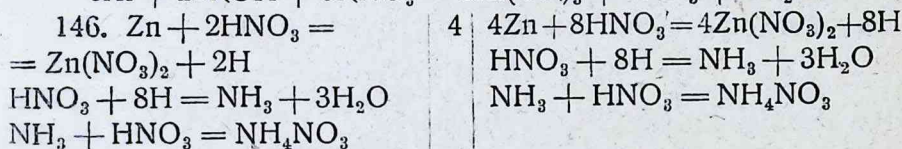
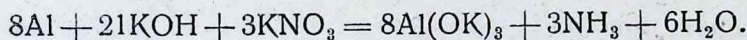


або після скорочення на 2:

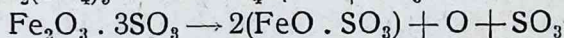
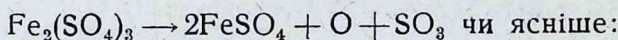




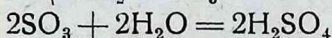
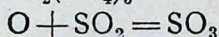
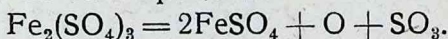
або після скорочення на 2:



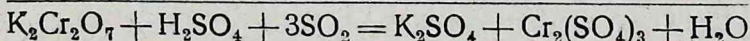
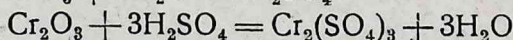
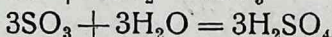
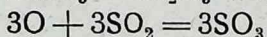
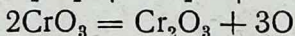
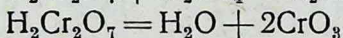
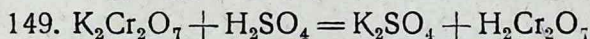
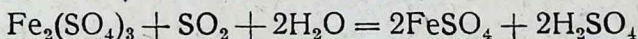
148. Перехід залізоIII-сульфату на залізоII-сульфат визначити можна так:

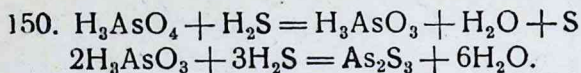


Вільний атом кисню приєднується до молекулі SO_2 , а сульфат-ангідрид приєднує воду, утворюючи сульфатову кислоту. Увесь процес, визначений цим рівнянням, розбивається на такі процеси:

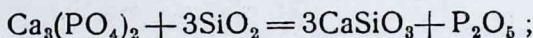


Складаючи ці три рівняння, маємо:





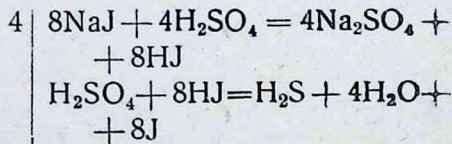
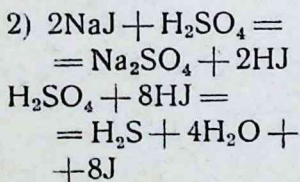
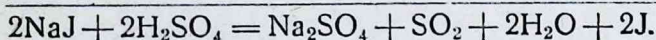
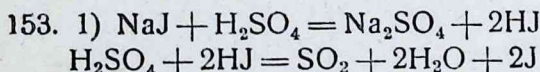
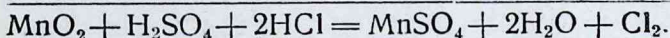
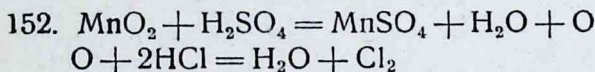
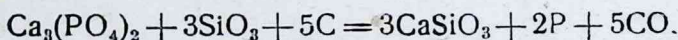
151. Цей складний процес є, власно, два процеси прості:
1) за високої температури SiO_2 (ангідридсилікатової кислоти) витискує з кальцій - фосфату ангідридофосфатової кислоти, що визначити рівнянням можна так:



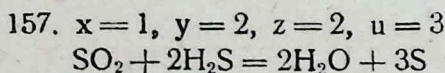
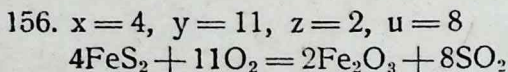
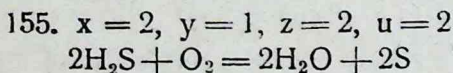
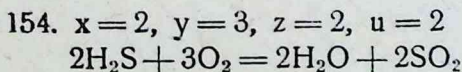
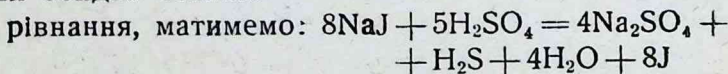
2) фосфат - ангідрид редукується вуглем до фосфору, при чому вуглець оксидується до вуглецьII - оксиду:



Підсумовуючи рівняння, матимемо:



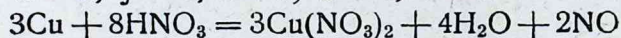
Склавши обидва останні



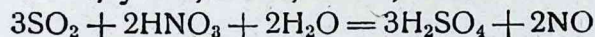
158. $x = 8, y = 3, z = 6, u = 1$



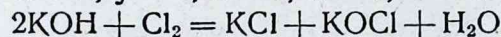
159. $x = 3, y = 8, z = 3, u = 4, v = 2$



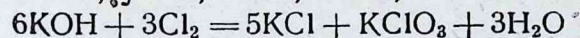
160. $x = 3, y = 2, z = 2, u = 3, v = 2$



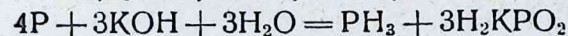
161. $x = 2, y = 1, z = 1, u = 1, v = 1$



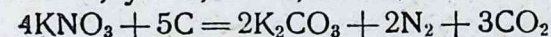
162. $x = 6, y = 3, z = 5, u = 1, v = 3$



163. $x = 4, y = 3, z = 3, u = 1, v = 3$



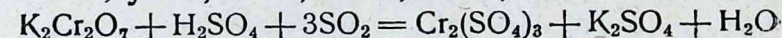
164. $x = 4, y = 5, z = 2, u = 2, v = 3$



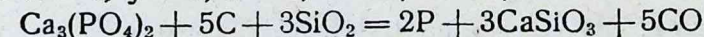
165. $x = 6, y = 10, z = 3, u = 3, v = 5$



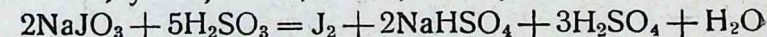
166. $x = 1, y = 1, z = 3, u = 1, v = 1, w = 1$



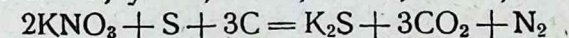
167. $x = 1, y = 5, z = 3, u = 2, v = 3, w = 5$



168. $x = 2, y = 5, z = 1, u = 2, v = 3, w = 1$



169. $x = 2, y = 1, z = 3, u = 1, v = 3, w = 1$



РОЗДІЛ V

170. $2\text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{HNO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$

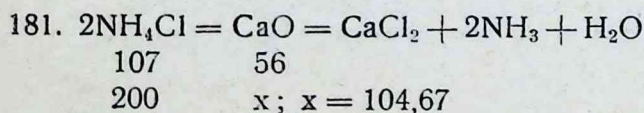
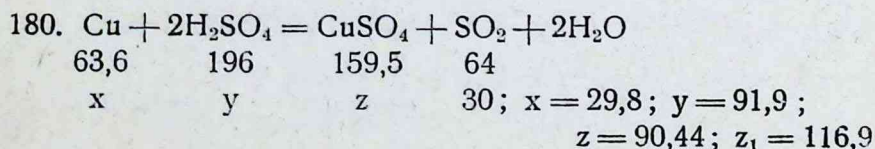
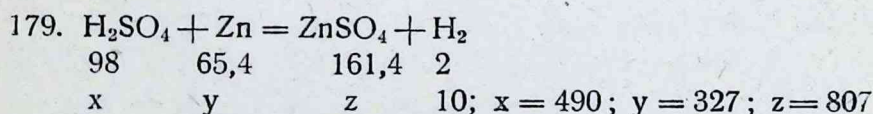
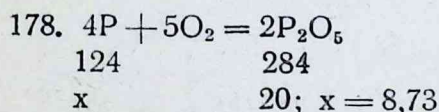
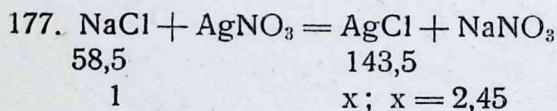
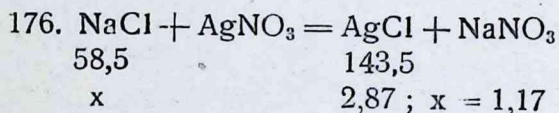
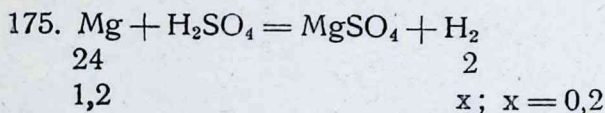
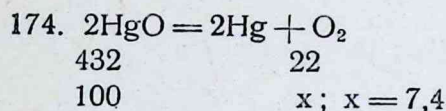
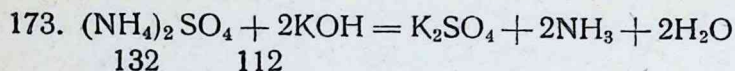
170 98

171. $2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{HCl} + \text{Na}_2\text{SO}_4$

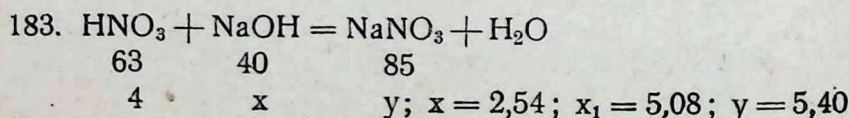
117 98

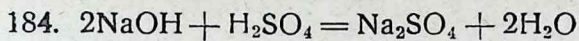
172. $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$

53,5 40

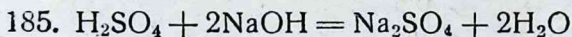


182. З рівняння $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2$ видно, що з кожного атому Fe (ат. вага 56) утворюється 1 мол. кристалічного $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (мол. вага 278); отже, з 20 г заліза утворюється $\frac{278 \cdot 20}{56} = 99,28$ г кристалічної соли $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.





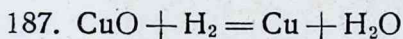
$$\begin{array}{ccc} 80 & 98 & \\ 380,16 & x; & x = 465,7 \end{array}$$



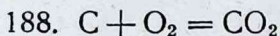
$$\begin{array}{ccc} 98 & 80 & \\ 2,4255 & x; & x = 1,98 \end{array}$$



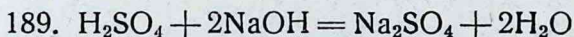
$$\begin{array}{ccc} 56 & 32 & \\ 20 & 11,43; & 20 - 11,43 = 8,57 \text{ (грама сірки)} \end{array}$$



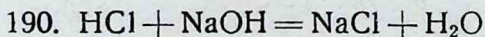
Кількість води 4,73 г; кількість кисню 4,20 г; кількість водню 0,53 г. За цими даними відсотковий вміст кисню у воді дорівнює $\frac{4,20 \cdot 100}{4,73} = 88,80$; відсотковий вміст водню у воді дорівнює $\frac{0,53 \cdot 100}{4,73} = 11,20$.



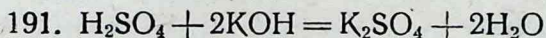
$\begin{array}{ccc} 12 & 44 & \\ x & 8,75; & x = 2,386; \text{ відсотковий вміст вуглецю в цьому зразку коксу } 91,07. \end{array}$



$\begin{array}{ccc} 98 & 80 & \\ 0,49 & 0,40. & \text{В літрі розчину сульфатової кислоти має бути } 49 \text{ г } \text{H}_2\text{SO}_4 \end{array}$

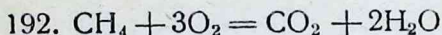


$\begin{array}{ccc} 36,5 & 40 & 58,5 \\ x & y & 2,34; x = 1,46; y = 1,60. \end{array}$ Концентрація хлоридної кислоти дорівнює $\frac{1,46}{20} \cdot 1000$ чи $73 \frac{\text{г}}{\text{л}}$



$\begin{array}{ccc} 98 & 112 & 174 \\ x & y & 5,22 \\ x = 2,94; y = 3,36; \text{ концентрація } \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ дорівнює } 196 \frac{\text{г}}{\text{л}}, \text{ концентрація KOH дорівнює } 207,4 \frac{\text{г}}{\text{л}}. \end{array}$

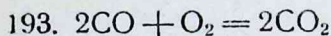
РОЗДІЛ VI



1 мол. 3 мол. 1 мол. рідина

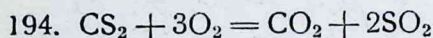
1 об. 3 об. 1 об.

2 л 6 л 2 л.



2 мол. 1 мол. 2 мол.

2 об. 1 об. 2 об.

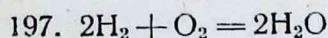
60 см³ 30 см³ 60 см³; 60 см³ — CO₂ й 20 см³ — CO.

1 мол. 3 мол. 1 мол. 2 мол.

1 об. 3 об. 1 об. 2 об.

100 см³ 300 см³ 100 см³ 200 см³;

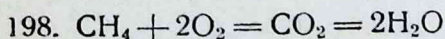
50 см³ кисню, 100 см³ вуглецьIV-оксиду, 200 см³ сіркового газу; разом 350 см³.

195. 20 см³; 5 см³ кисню.196. 600 см³ кисню й 1400 см³ водню.

2 об. 1 об. рідина

$$25 + 50 = 75; 75 - 60,3 = 14,7; \frac{14,7}{3} = 4,9$$

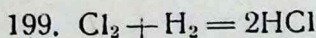
$$\frac{4,9 \cdot 100}{25} = 19,6$$



1 об. 2 об. 1 об. рідина

25 см³ 50 см³ 25 см³.

Після реакції буде $(25 + 50 - 25 - 50 + 25)$ см³ газової суміші, цебто 475 см³, з яких 25 см³ вуглекислого газу.

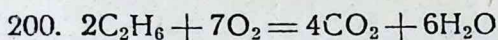


1 мол. 1 мол. 2 мол.

1 об. 1 об. 2 об.

200 см³ 200 см³ 400 см³.

Об'єм газової суміші буде 500 см³, з яких 400 см³ водень-хлориду й 100 см³ водню.



2 об. 7 об. 4 об. рідина

6 см³ 21 см³ 12 см³

Об'єм газової суміші після реакції буде:

$$9 + 21 - 6 - 21 + 12 = 15 \text{ см}^3$$

201. 1) Склад початкової суміші (30 см³) можна знайти таким чином. З умови завдання видно, що вуглекислого газу утворилося 10 см³, але з рівняння $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$ видно, що об'єм новоутвореного вуглекислого газу дорівнює об'ємові вуглецьII-оксиду. Отже, початкова суміш складалася з 10 см³ CO, які з'єдналися в 5 см³ кисню.

З рівняння $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$ видно, що для сполуки з воднем потрібно півоб'єму кисню. Позначивши кількість азоту в початковій суміші x , кількість водню — через y см³, можна скласти рівняння:

$$x + y = 20$$

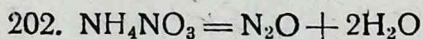
$$50 - 5 - \frac{3}{2}y = 21$$

З другого рівняння $y = 16$, отже, вставивши вартість y в перше рівняння, знайдемо, що $x = 4$.

2) Суха газова суміш після вибуху 21 см³ складалася, очевидно, з азоту, що не змінився, новоутвореного азотIV-оксиду й лишки кисню (кисню бо введено в суміш більш, ніж то потрібно було для сполуки з воднем і вуглецьII-оксидом).

Та з умови завдання видно, що вуглецьII-оксиду утворилося 10 см³. Кисню було введено 20 см³, з них на сполуку з вуглецьII-оксидом пішло 5 см³ і на сполуку з воднем 8 см³, разом 13 см³; отже, кисню лишилося 7 см³. Таким чином, азоту було $21 - 10 - 7 = 4$ см³.

Розв'язання будуть такі: 1) 10 см³ вуглецьII-оксиду, 16 см³ водню, 4 см³ азоту. 2) 10 см³ вуглецьIV-оксиду, 4 см³ азоту, 7 см³ кисню.

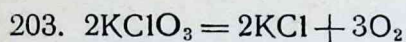


80 г

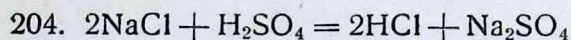
22,4 л

x

1; $x = 3,57$ г.



$$\begin{array}{ccc} 245 \text{ г} & 67,2 \text{ л} & \\ \text{х} & 20; \text{х} = 72,92 \text{ г} & \end{array}$$

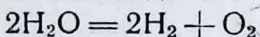


$$\begin{array}{ccc} 117 \text{ г} & 44,8 \text{ л} & \end{array}$$

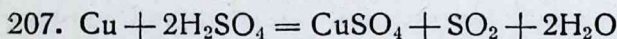


$$\begin{array}{ccc} 62 & 112 \text{ л} & \\ 10 & \text{х}; \text{х} = 18,06 \text{ л} & \end{array}$$

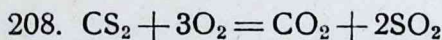
206. 10 см³ води важать 10 г;



$$\begin{array}{ccc} 37 \text{ г} & 44,8 \text{ л} & 22,4 \text{ л} \\ 10 & \text{х} & \text{у}; \text{х} = 12,44 \text{ л}; \text{у} = 6,22 \text{ л} \end{array}$$



$$\begin{array}{ccc} 63,6 \text{ г} & 22,4 & \\ 10 & \text{х}, \text{х} = 3,52 \text{ л} & \end{array}$$



$$\begin{array}{cccc} 76 \text{ г} & 67,2 & 22,4 \text{ л} & 44,8 \text{ л} \\ 26,3 & \text{х} & \text{у} & \text{z}; \text{х} = 23,26 \text{ л}; \text{у} = 7,75 \text{ л}; \text{z} = 15,51 \text{ л} \end{array}$$

209. Грам-молекуля азоту N₂ важить 28 г і має обсяг 22,4 л; отже, 1 л азоту важить $\frac{28}{22,4} \text{ г} = 1,254 \text{ г}$.

$$210. \frac{34}{22,4} \text{ г або } 1,518 \text{ г}.$$

$$211. \frac{64}{22,4} \text{ г або } 2,858 \text{ г}.$$

$$212. \frac{30}{22,4} \text{ г або } 1,339 \text{ г}.$$

$$213. 1,964 \text{ г}.$$

$$214. 1,250 \text{ г}.$$

$$215. 1,629 \text{ г}.$$

$$216. \frac{28}{22,4} \cdot 0,79 + \frac{32}{22,4} \cdot 0,21 = \frac{28 \cdot 0,79 + 32 \cdot 0,21}{22,4} = 1,29 \text{ г}.$$

$$217. \frac{2}{22,4} \cdot 0,667 + \frac{32}{22,4} \cdot 0,333 = \frac{2 \cdot 0,667 + 32 \cdot 0,333}{22,4} = 0,535$$

$$218. 0,714 \text{ г}.$$

219. Молекула гелію складається з одного атому; атомова вага його 4; 1 л гелію важить $\frac{4}{22,4} = 0,179$ г.

220. CO_2 .

221. C_2H_4 .

222. S_2Cl_2 .

223. $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$.

224. $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$.

225. 3 6 атомів; з 2 атомів.

226. 3 2 атомів.

227. 3 4 атомів.

228. 3 1 атому.

РОЗДІЛ VII

229. Зменшиться на $\frac{1}{3}$; збільшиться в 4 рази.

230. 2090 см^3 ; 418 см^3 ; $104,5 \text{ см}^3$; 38 см^3 .

231. При тиску 2 атм.

232. 1,259 г.

233. 0,441 л.

234. 321,9; 278,02; 600.

235. 206,8; 172,61; 373,7; 186,8.

236. 50; 90,9; 140,9.

237. 293:253.

238. Збільшиться на $\frac{1}{3}$.

239. $\frac{4}{3} = \frac{273 + x}{273}$; $x = 91$; при 91° .

240. $\frac{200 \cdot 293 \cdot 760}{273 \cdot 745} = 218,9$; $\frac{200 \cdot 248 \cdot 760}{273 \cdot 770} = 179,3$.

241. $\frac{0,0896 \cdot 273 \cdot 750}{293 \cdot 760} = 0,08238$; $\frac{0,0896 \cdot 273 \cdot 745}{(446 + 273) \cdot 760} = 0,03335$.
 $\frac{0,0896 \cdot 273 \cdot 1520}{293 \cdot 760} = 0,0896$.

242. $\frac{0,200 \cdot 273 \cdot 753 \cdot 1 \cdot 293 \cdot 1,050}{290 \cdot 760} = 0,2533$ (г).

243. $\frac{53,3 \cdot 273 \cdot 724 \cdot 8}{294 \cdot 760} = 47,21$; $0,0000896 \cdot 47,21 = 0,00423$.

244. $\frac{125 \cdot 273 \cdot 750}{286 \cdot 760} = 117,7$.

$$245. \frac{3,273 \cdot 754}{293 \cdot 760} = 2,773.$$

$$246. \frac{200 \cdot 273 \cdot 752}{293 \cdot 760} = 184,4.$$

$$247. \frac{50 \cdot 273 \cdot 742 \cdot 0,001429}{283 \cdot 760} = 0,0673 \text{ (г)}.$$

$$248. 273^\circ.$$

$$249. \frac{1,215 \cdot 283 \cdot 760}{273 \cdot 740} = 1,293; \frac{1,215 \cdot 283 \cdot 750 \cdot 300}{293 \cdot 740 \cdot 1000} = 0,3568.$$

РОЗДІЛ VIII

$$250. 21,05\%.$$

Д. І. Менделєєв в „Основах хемії“ пропонує такий спосіб розв'язання.

Дамо, що на початку мали 100 вагових частин N_2O_4 . З них x ваг. част. розпалося на NO_2 , $(100 - x)$ ваг. част. лишилося нерозкладеними. Тому що NO_2 має густину (відносно водню) 23, x ваг. част. NO_2 матимуть об'єм $\frac{x}{23}$; густина N_2O_4 дорівнює 46; отже, $100 - x$ ваг. част. N_2O_4 мають об'єм $\frac{100 - x}{46}$. В стані дисоціації вага газової суміші, звичайно, лишиться незмінною, а саме 100, і якщо густина газової суміші 38, об'єм має бути $\frac{100}{38}$. З цих міркувань можна написати:

$$\frac{x}{23} + \frac{100 - x}{46} = \frac{100}{38}.$$

звідки $x = 21,05$.

Видимо, що такий хід розв'язання можна застосувати до всіх завдань даного типу, але він, здається, складніший за наведений у тексті.

$$251. 36,26\%.$$

$$252. 35,36\%.$$

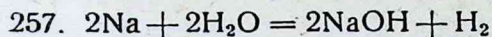
$$253. 45,5\%; 95,7\%.$$

$$254. 52,4\%.$$

$$255. 51,8\%.$$

$$256. \text{З двох атомів } (J_2); \text{ з 1 атому } (J); 29,14\%.$$

РОЗДІЛ IX



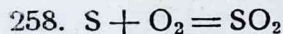
46

$$\frac{22400 \cdot 288 \cdot 760}{273 \cdot 756}$$

x

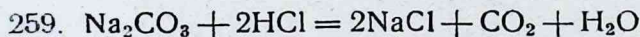
100;

$$x = 0,1937.$$



32 г 22,4

48 г x x = 33,6 (л)

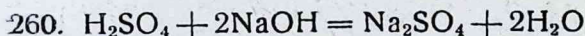
(H₂SO₄) (Na₂SO₄)

106

22,4 л

21,2

x; x = 4,48 л.

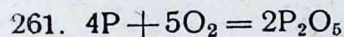


98

80

$$\frac{x \cdot 10}{1000}$$

$$\frac{20 \cdot 20}{1000}; x = 49$$

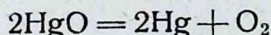


124 г 112 л 284 г

x y 20; x = 8,73; y = 7,89.

262. Об'єм кисню при 0° й 760 мм тиску буде

$$\frac{500 \cdot 273 \cdot 758}{283 \cdot 760};$$

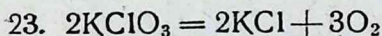


432 г

22400 см³

x

$$\frac{500 \cdot 273 \cdot 758}{283 \cdot 760}; x = 9,282 \text{ г.}$$



245 г

67,2 л.

$$x \frac{0,5 \cdot 273 \cdot 752}{293 \cdot 760}; x = 1,681 \text{ г.}$$

264. 27,2 г.

265. Води 6,78 г; водню 8,44 л.

266. Цинку 2,73 г; сульфатової кислоти 4,091 г.

267. 226,5 л.

268. Кисню 4 л, вуглецьIV-оксиду 2 л, води 3,21 г.

269. 5,658 г.

270. 0,182 г.

271. Мідь II - оксиду 26,1 г; водню 7,342 л.

272. $2\text{KClO}_3 = 2\text{KCl} + 3\text{O}_2$

$$\begin{array}{r} 245 \text{ г} \quad 149 \text{ г} \quad \frac{67,2 \cdot 288 \cdot 760}{273 \cdot 750} \\ 100 \quad \quad \quad x \quad \quad \quad y; x = 60,81; y = 29,31. \end{array}$$

273. 3,69.

274. 7,637 г.

275. $\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2$

32 г 32 г

32 г 22,4 л. 22,4

1 л. кисню (при 0° і 760 мм тиску) важить $\frac{32}{22,4} = 1,43$ г;
отже, і сірки було 1,43 г. З того ж рівняння видно, що, ді-
ючи 1 грам - молекулюю кисню на сірку, ми утворимо 1 грам-
молекулю сіркового газу, цебто рівний об'єм. Отже, коли
діяти 1 л кисню, ми утворимо 1 л сіркового газу.

276. 0,625 г; 1,422 г.

277. 1 л даного газу важить 1,971 г, його густина від-
носно водню дорівнює $\frac{1,971}{0,0896} = 22$; $M = 44$.

278. $\text{H}_2\text{S} + \text{Cl}_2 = 2\text{HCl} + \text{S}$

1 мол. 1 мол. 2 мол.

1 об. 1 об. 1 об.

15 см³ 15 см³ 30 см³; 30 см³ HCl і 5 см³ H₂S.

279. $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$

2 мол. 1 мол. 2 мол.

2 об. 1 об. 2 об.

20 см³ 10 см³ 20 см³; 20 см³ CO₂ й 5 см³ O₂.

280. $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ (оцтова кислота); $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 + 2\text{O}_2 = 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.

281. $\text{CS}_2; \text{CS}_2 + 3\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{SO}_2$.

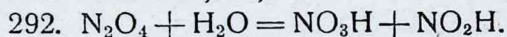
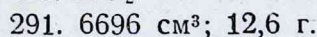
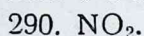
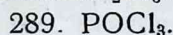
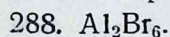
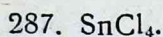
282. $\text{FeS}_2; 4,80 \text{ г}; 4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$.

283. $\text{CH}_4; \text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.

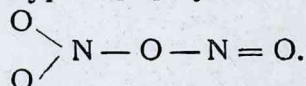
284. $2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2 + \text{O}_2; 1,969 \text{ л}$.

285. 0,535 г.

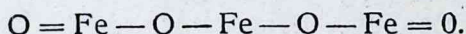
286. 3,18 г; 6,02 г; 0,9 г.



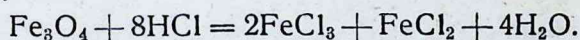
Тому що один атом має бути п'ятивалентний, а другий тривалентний, структура N_2O_4 буде:



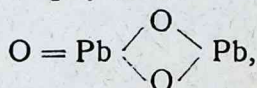
293. В сполуці Fe_3O_4 , очевидно, є два атоми тривалентного заліза й один атом двовалентного, і тому структура його така:



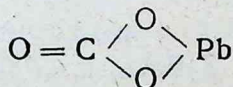
Діяння хлоридної кислоти на Fe_3O_4 визначиться таким рівнянням:



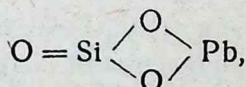
294. Якби сполука Pb_2O_3 була оксид, аналогічний, напр., оксидові алюмінію Al_2O_3 , то вона б з кислотами давала солі подібні солям алюмінію й інших тривалентних металів, але таких солей для олова не знають. Очевидно, що в сполуці Pb_2O_3 один атом олова чотиривалентний, другий двовалентний; структура Pb_2O_3 така:



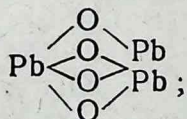
аналогічна:



або

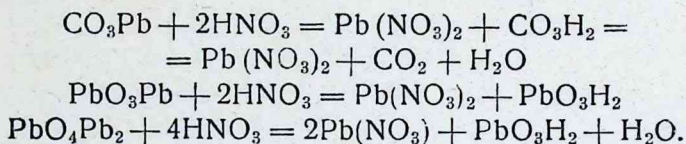


цебто Pb_2O_3 є оливова сіль метаплумбатової кислоти PbO_3Pb . Сполука Pb_3O_4 має структуру

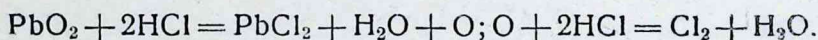


це є оливова сіль ортоплумбатової кислоти, цебто PbO_4Pb_2 .

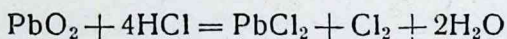
Діяння нітратової кислоти на солі PbO_3Pb і PbO_4Pb_2 цілком подібно на чинність нітратової кислоти на оливову сіль карбонатної кислоти, яку легко визначити таким рівнянням:



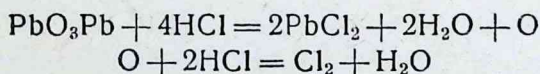
Якщо діяти хлоридною кислотою на солі PbO_3Pb і PbO_4Pb_2 , відокремлюється хлор, як і за дії хлоридної кислоти на PbO_2 , що видно з таких рівнянь:



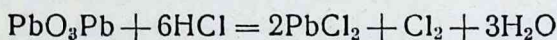
Підсумовуючи рівняння, матимемо:



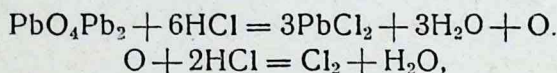
Далі,



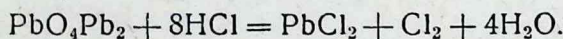
Складаючи ці два рівняння, маємо:



Нарешті,



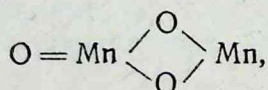
які в сумі дадуть



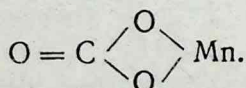
Крім оливових солей плюмбатових кислот відомі ще й інші солі цих кислот: K_2PbO_3 , Ca_2PbO_4 й т. ін.

Вільну ортоплюмбатову кислоту ще не здобув ніхто.

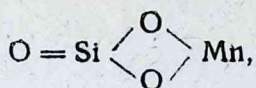
295. (Див. попереднє завдання). В сполуці Mn_2O_3 один атом мангану чотиривалентний, другий двовалентний; структура його така:



аналогічна:

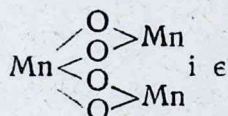


або



цебто Mn_2O_3 є манганова сіль метаманганітової кислоти MnO_3Mn .

Сполука Mn_3O_4 має будову:



манганова сіль ортоманганітової кислоти.

296. 11,2 л; 22,4 л.

297. $2\text{NH}_3 + 3\text{Cl}_2 = 6\text{HCl} + \text{N}_2$; 4,77 г чи 1500 см³.

298. $5\text{N}_2\text{O} + 2\text{P} = \text{P}_2\text{O}_5 + 5\text{N}_2$; 1,11 г.

299. 4,31%.

300. 254,5 л.

301. $\text{FeS}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{SO}_4$

$$\begin{array}{r} 120 \quad \frac{196 \cdot 100}{60} \\ 0,92 \quad x; x = 2,504. \end{array}$$

302. Грам-молекуля амоніяку NH_3 важить 17 г; грам-молекуля сірководню H_2S — 34 г. Сірководень важчий за амоніак вдвоє.

303. Cl_2 — 71, SO_2 — 64. Хлор важчий за сірковий газ в $\frac{71}{64}$ рази.

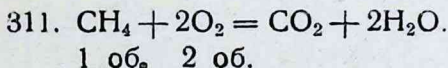
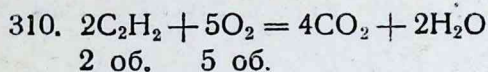
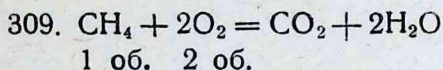
304. Літр повітря важить 1,293 г (при 0° і 760 мм тиску); літр амоніяку важить $\frac{17}{22,4}$ г.

305. Літр повітря важить 1,293 г; літр сірководню важить $\frac{34}{22,4}$; $\frac{34}{22,4 \cdot 1,293} = 1,17$ разів.

306. $\text{N}_2 : \text{H}_2 = 28 : 2 = 14$.

307. $\text{NO} : \text{H}_2 = 30 : 2 = 15$; $\frac{30}{22,4} : 1,293$.

$$308. 137,5 : 2; \frac{137,5}{22,4} : 1,293.$$



$$x + 2x + 2x \cdot \frac{79}{21} = 100; \quad x = 9,5. \quad \text{Метану } 9,5\%, \text{ кисню } 19\%, \\ \text{азоту } 71,5\%.$$



$$12 \text{ кг} \quad 22400 \text{ л} \quad 22400 \text{ л}$$

$$90 \quad x \quad x; \quad x = 168000 \text{ л чи } 168 \text{ м}^3.$$

Повітря потрібно $168 \cdot \frac{100}{21} = 800 \text{ м}^3$. Тому, що кисень повітря заступає рівний об'єм вуглекислого газу, відхідний газ складатиметься з 168 м^3 вуглець IV-оксиду й 632 м^3 азоту, цебто 21% вуглець IV-оксиду й 79% азоту.

313. 1 м^3 газу містить $0,053 \text{ м}^3$ вуглець IV-оксиду, $0,237 \text{ м}^3$ вуглець II-оксиду, $0,065 \text{ м}^3$ водню, $0,019 \text{ м}^3$ метану, $0,626 \text{ м}^3$ азоту. Горітиме тільки вуглець II-оксид, водень і метан.

З рівняння $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$ видно, що для того, щоб згорів вуглець II-оксид потрібно півоб'єму кисню, отже, щоб згоріло $0,237 \text{ м}^3$ вуглець II-оксиду треба $0,119 \text{ м}^3$ кисню.

З рівняння $2\text{H}_2 + \text{O} = 2\text{H}_2\text{O}$ видно, що спалити $0,065 \text{ м}^3$ водню цілком можна в $0,033 \text{ м}^3$ кисню.

З рівняння ж $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ видно, що $0,019 \text{ м}^3$ метану можна цілком спалити в $0,038 \text{ м}^3$ кисню.

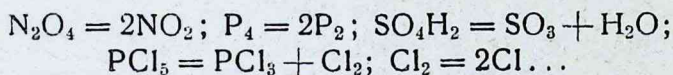
Таким чином, разом на горіння суміші кисню треба $0,119 + 0,033 + 0,038 = 0,190 \text{ м}^3$, а повітря, очевидно,

$$0,190 \cdot \frac{100}{21} = 0,9 \text{ м}^3.$$

РОЗДІЛ I

ЕЛЕКТРОЛІТИЧНА ДИСОЦІАЦІЯ (ЙОНІЗАЦІЯ)

В розділі VIII ч. I („Дисоціяція газів“) говорилося про те, що дисоціяцією звуть розклад молекул речовин в газовому стані на більш прості молекули чи атоми, і наводилося приклади:



Теорія електролітичної дисоціяції (дисоціяція електролітів) полягає ось у чому.

Ще Фарадей (1830—1840 р. р.), вивчаючи електропровідність розчинів, гадав, що кислоти, основи й солі в водному розчині розкладаються електричним струмом, при чому водень і метали йдуть до катоду, а кислотний залишок та гідроксильна група (основи) — до аноду. Для цих частин молекули Фарадей запропонував термін йон (грецьке слово *ἰων* — що йде); йони, що йдуть до катоду, Фарадей назвав катіонами (катіон — низхідний, в данім разі той, що йде в напрямку току), ті ж, що йдуть до аноду — аніонами (аніон — висхідний, в данім разі той, що йде проти току); катіон іде до катоду (негативний полюс), сам бо заряджений позитивно, аніони йдуть до аноду (позитивного полюсу), сами бо заряджені негативно.

Як відомо, є два роди провідників електричного струму; коли струм проходить провідниками першого роду (металі), то це не викликає ніяких змін у електродах, коли ж струм проходить провідниками другого роду (розчини кислот, основ та солей), на електродах вилучаються йони, що в ту ж мить гублять свої заряди (розряджуються); провідники другого роду звуть електролітами.

За сучасною теорією електричної дисоціяції, розпад (дисоціяцію) розчиненої речовини робить не електричний струм, як гадав Фарадей, а само розчинення: вода розщеплює молекули розчиненої речовини, на частинки (йони), що кожна

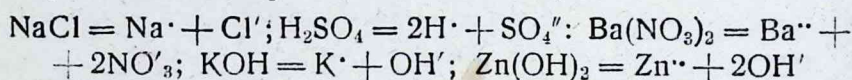
з них має певний заряд (пропорційно валентности йону) позитивної, чи негативної електрики. Електричний струм, проходячи електролітом, лише скеровує йони до відповідного полюсу.

Отже, йони не є продукт дії струму; навпаки, присутність йонів дозволяє струмові проходити розчином.

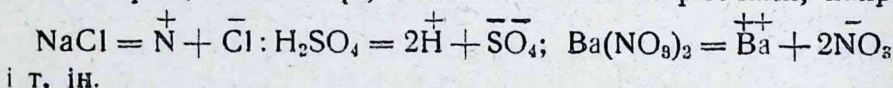
Основи, що привели до сучасної теорії електролітичної дисоціації, викладається докладно в курсах неорганічної хемії, дегальніше — в курсах фізичної хемії.

Таким чином, йонами звуть атоми або групи атомів, що несуть на собі електричні заряди.

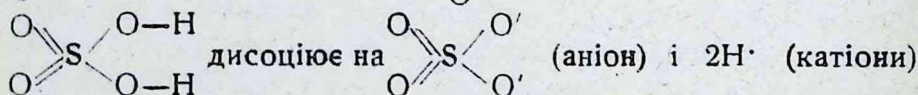
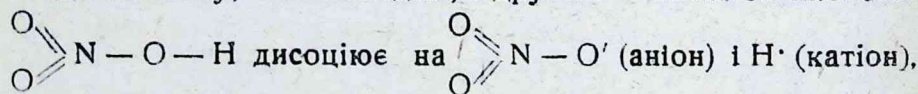
Приклади електролітичної дисоціації:



Як бачимо, катіони тут відзначається точками вгорі праворуч, аніони — рисками. Трапляється, що катіони відзначають хрещиками вгорі, аніони — поземими рисками, напр.:

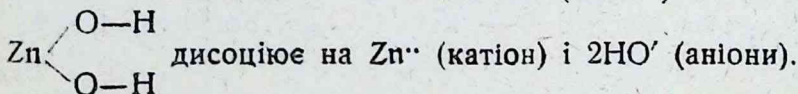


Дисоціація кислот проходить таким чином, що йонами, з одного боку, є йони водню, з другого — залишок кислоти.



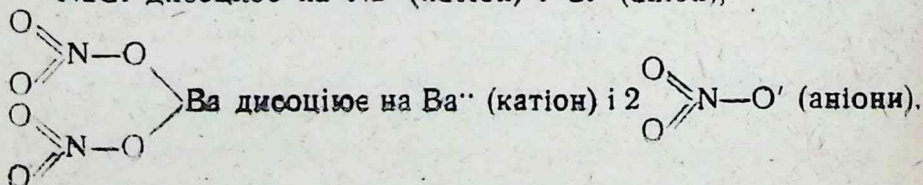
Основи дисоціюють на йони металю і йони гідроксилу.

$\text{K}-\text{O}-\text{H}$ дисоціює на йони K^+ (катіон) і HO^- (аніон),



При дисоціації солей повстають йони металю і йони кислотного залишку.

NaCl дисоціює на Na^+ (катіон) і Cl^- (аніон),

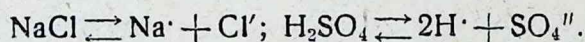


З погляду теорії електролітичної дисоціації можна ясно й точно встановити різницю між подвійними та комплексними солями.

Різниця в тому, що подвійні солі у водному розчині дисоціюють на ті йони, на які розпадається кожна проста сіль, що входить у склад подвійної. Так, калійно-алюмінійний галун $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ розпадається у воднім розчині на 2Al^{+++} , 4SO_4^{--} і 2K^+ .

Комплексна сіль дисоціює на йони одного з металів і на складний аніон, що до його складу входить і інший метал. Наприклад, калій-зализоціанід $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ дисоціює на 3K^+ і $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{--}$. Через цю різницю між подвійними й комплексними солями в розчині подвійної соли обидва метали легко знайти відповідними реактивами; в розчині комплексних солей знайти можна лише один метал, саме той, що є катіоном. Другий метал реактивами не знайти, бо входить він до складу складного (комплексного) аніону.

Як доводить вивчення властивостей водних розчинів, цілковита дисоціація, цебто розпад усіх молекул розчиненої речовини на йони, стається лише в дуже розведених розчинах, загалом же лише частина молекул розчиненої речовини дисоціює на йони, а інші молекули лишаються у вигляді цілих, нейтральних молекул, і для кожної концентрації розчиненої речовини встановлюється певна рівновага між цілими молекулами і йонами. Тому в наведених вище прикладах дисоціації точнішим буде вираз не в формі рівняння, а в формі, де його ліву та праву частини з'єднано умовним знаком рівноваги (дві стрілки протилежних напрямків), а саме:



Розводячи розчин, ми збільшуємо кількість молекул, що розпадаються на йони, цебто збільшуємо ступінь дисоціації. За ступінь дисоціації вважають відношення кількості молекул, що розпалися, до загальної кількості молекул розчиненої речовини; ступінь дисоціації визначають чи дробом, чи відсотками.

Концентрацію розчину (точніш — концентрацію розчиненої речовини в розчині) визначають чи числом грам-молекул,

чи, що значно частіш, числом грам-еквівалентів розчиненої речовини в 1 л розчину.

Розчини, що мають 1 грам-еквівалент розчиненої речовини в 1 л розчину, звуть *нормальними розчинами*. Напр., нормальні розчини це ті, що в 1 л мають 36,5 г HCl, чи 63 г HNO₃, чи 40 г NaOH, чи 58,5 г NaCl, чи 49 г H₂SO₄, ($\frac{1}{2}$ грам-молекулі), чи 104,2 г BaCl ($\frac{1}{2}$ грам-молекулі), чи 32,67 г H₃PO₄ ($\frac{1}{3}$ грам-молекулі).

В лабораторіях уживається не тільки нормальних розчинів, а й двонормальних, півнормальних, децинормальних і т. ін. Оскільки відмінний ступінь дисоціації різних речовин за однакової концентрації розчину (цебто за однакового розведення), можна бачити ось з такої, напр., таблиці:

Ступінь дисоціації $\frac{1}{10}$ нормального розчину

Кислоти	HCl, HBr, HI	0,90
	HNO ₃	0,90
	H ₂ SO ₄	0,60
	H ₂ SO ₃	0,34
	H ₃ PO ₄	0,26
	H ₃ AsO ₄	0,20
	HF	0,15
	HNO ₂	0,018
	C ₂ O ₂ H ₄ (CH ₃ COOH)	0,013
	HOCl	0,006
	H ₂ CO ₃	0,0017
	H ₂ S	0,0007
	H ₃ BO ₃	0,0001
	HCN	0,0001
Основи	KOH	0,89
	NaOH	0,84
	Ba(OH) ₂	0,80
	NH ₄ OH	0,013
Солі типу	KNO ₃	0,86
	Ba(NO ₃) ₂	0,72
	K ₂ SO ₄	0,72
	MgSO ₄	0,45

Кислоти й основи, що ступінь їхньої дисоціації порівнюючи з іншими кислотами й основами найбільший за однакового розведення, звуть сильними; кислоти й основи, мало йонізовані порівнюючи з іншими за однакового розведення, звуть слабкими.

За сильні кислоти за наведеною вище таблицею слід вважати соляну, бромідну, йодидну, сульфатову (сірчану), нітратову (азотову); середнє місце щодо сили мають кислоти сульфітова, ортофосфатова, ортоарсенатова, флуоридна; слабкі кислоти — це нітратова, оцтова, гіпохлоритова, карбонатова, сульфідна, боратова, ціянідна.

Приклади сильних основ: NaOH , KOH , Ba(OH)_2 , Sr(OH)_2 , Ca(OH)_2 ; слабких — NH_4OH , а також гідроксиди дво- й тривалентних металів правих підгруп: Zn(OH)_2 , Cd(OH)_2 , Cu(OH)_2 , Hg(OH)_2 , Mg(OH)_2 , Al(OH)_3 .

Щодо дисоціації солей (нормальних), то природа кислоти й металю має невеликий вплив, і ступінь дисоціації залежить головним чином від основности кислоти й валентности металю, цебто від валентности аніону й катіону. З цього можна скористатися, обчислюючи приблизно ступінь дисоціації якої завгодно нормальної соли. Обчислення засновано на таких емпірично (дослідно) найдених правилах.

1. Найбільший ступінь дисоціації мають солі, що йони їх одновалентні, при чому за однакового розведення ступінь дисоціації таких солей однаковий незалежно (майже) від природи кислоти й металю; напр., за одного розведення ступінь дисоціації солей NaCl , KNO_3 , NH_4J практично однаковий.

2. Ступінь дисоціації солей, що дають двовалентний аніон і одновалентні катіони, напр., Na_2SO_4 , K_2SO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4$, чи двовалентний катіон і одновалентні аніони, напр., BaCl_2 , $\text{Mg NO}_3)_2$ — однаковий (звичайно за однакового розведення), при чому ступінь дисоціації такої соли рівний квадратові ступеня дисоціації солей з одновалентним аніоном і одновалентним катіоном.

3. Ступінь дисоціації соли, у якої обидва йони двовалентні, рівна ступневі дисоціації соли з одновалентним аніоном і одновалентним катіоном, піднесеному до четвертого ступеня й т. ін.

Звідци очевидним стає такий спосіб обчислення. Ступінь дисоціації якої завгодно соли рівний ступеневі дисоціації

соли з одновалентним аніоном і одновалентним катіоном— за однакової визначеної в *еквівалентах* концентрації з ступеневим показником, рівним добуткові валентностей йонів даної соли.

Напр., ступінь дисоціації BaCl_2 за різних концентрацій дорівнює квадратові ступеня дисоціації KCl за тої ж концентрації. Дійсно.

		0,5 норм.	0,1 норм.	0,05 норм.	0,01 норм.
Ступінь дисоціації KCl	α	0,78	0,85	0,88	0,93
" "	BaCl_2	0,61	0,73	0,77	0,86
" "	найдений з дослідів	0,60	0,74	0,77	0,87

Наведімо ще такі три приклади.

	$\alpha \text{ KCl}$	$\alpha^2 \text{ KCl}$	Na_2SO_4 α знайдене	$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$		$\alpha^4 \text{ KCl}$	$\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ α^4 знайдене
				$\alpha^3 \text{ KCl}$	α знайдене		
$\frac{1}{32}$ н.	0,90	0,81	0,81	0,74	0,75	0,66	0,67
$\frac{1}{64}$ н.	0,93	0,86	0,86	0,80	0,80	0,74	0,74
$\frac{1}{128}$ н.	0,95	0,90	0,90	0,85	0,85	0,81	0,81
$\frac{1}{256}$ н.	0,96	0,92	0,92	0,89	0,89	0,87	0,87
$\frac{1}{512}$ н.	0,97	0,94	0,94	0,92	0,92	0,89	0,91
$\frac{1}{1024}$ н.	0,98	0,96	0,96	0,94	0,95	0,93	0,94

Не завжди дані дослідів й обчислення збігаються, але для приблизних обчислень наведеним способом завжди користуватися можна.

Як міняється ступінь дисоціації, коли розводити розчини, видно з таких прикладів:

	KCl	NH_4OH	CH_3COOH
2	норм. 0,706	$\frac{1}{8}$ н. 0,0135	$\frac{1}{8}$ н. 0,0119
1	" 0,748	$\frac{1}{8}$ н. 0,0135	$\frac{1}{8}$ н. 0,0119
0,5	" 0,780	$\frac{1}{16}$ н. 0,0188	$\frac{1}{16}$ н. 0,0167
0,3	" 0,803	$\frac{1}{16}$ н. 0,0188	$\frac{1}{16}$ н. 0,0167

	KCl		NH ₄ OH		CH ₃ COOH
0,2	"	0,821	$\frac{1}{32}$	н. 0,0265	$\frac{1}{32}$ н. 0,0238
0,1	"	0,853	$\frac{1}{64}$	н. 0,0376	$\frac{1}{64}$ н. 0,0333
0,05	"	0,883	$\frac{1}{128}$	н. 0,0533	$\frac{1}{128}$ н. 0,0468
0,03	"	0,902	$\frac{1}{256}$	н. 0,0754	$\frac{1}{256}$ н. 0,0656
0,02	"	0,915			$\frac{1}{512}$ н. 0,0914
0,01	"	0,934			$\frac{1}{1024}$ н. 0,1266
0,005	"	0,950			
0,002	"	0,965			
0,001	"	0,973			
0,0005	"	0,978			
0,0002	"	0,984			
0,0001	"	0,987			

РОЗДІЛ II

ШВИДКІСТЬ ХЕМІЧНОЇ РЕАКЦІЇ

Хемічні реакції проходять з різною швидкістю: які — миттю (вибух, утворення осаду), а які — потребують декілька годин, днів ба навіть років.

Як у механіці швидкістю руху звуть відношення пройденого шляху до відповідного часу, так у хемії швидкістю реакції звуть відношення кількості речовини, що взяла участь у реакції, до відповідного часу.

За сталих інших умов, (температура, тиск, розчинник) швидкість реакції залежить від природи речовин, що беруть участь у реакції, та їхньої концентрацій (цебто кількості речовин в одиниці об'єму). Концентрацію звичайно визначають в $\frac{\text{грам-молекула}}{\text{літр}}$. А що з ходом реакції кон-

центрація реактивної речовини міняється (зменшується), реакція поступінно загаюється, й ми можемо говорити за певну швидкість тільки відносно якогось певного моменту (як у механіці швидкістю змінного руху в даний момент звуть швидкість, з якою тіло рухалося, коли б з цього моменту рух став рівномірний). Як швидкість змінного руху визначають похідною шляху по часу, так швидкість реакції визначають похідною концентрації по часу.

Якщо в реакції бере участь одна речовина з поодинокими молекулами (напр., $\text{H}_2\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O} + \text{O}$), то швидкість реакції визначають рівнянням

$$\frac{dC}{dt} = kC,$$

де k — константа швидкості реакції, що залежить від природи речовини, розчинника, температури й т. ін.

Коли ж у реакції беруть участь дві речовини, при чому реакція виявляється у взаємодіянні одної молекулі першої речовини й одної молекулі другої, то швидкість реакції визначається рівнянням

$$\frac{dc}{dt} = kCC_1.$$

Питання про обчислення швидкостей реакції за зміною концентрації першої речовини чи другої зайве, в данім бо разі речовини реагують „молекуля на молекулю“, цебто зміни молекулярних концентрацій однакові в обох речовин.

Очевидно, що швидкість реакції, яка полягає у взаємодії кількох речовин „молекуля на молекулю“, визначиться рівнянням

$$\frac{dc}{dt} = kC \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \dots,$$

цебто швидкість реакції пропорційна добутковій концентрації реактивних речовин.

Якщо в реакції бере участь одна речовина, але не з одиничними молекулами, а так, що з двох чи трьох його молекул утворюється більш складна речовина (реакції полімеризації), то

$$\frac{dc}{dt} = kC^2 \text{ чи } \frac{dC}{dt} = kC^3,$$

цебто в таких випадках швидкість реакції прямо пропорційна концентрації реактивних речовин з показником ступеня, рівним числу молекул, що беруть участь у реакції.

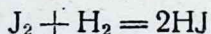
Нарешті, в найскладнішому випадку, коли реагує кілька речовин і при тому кількома молекулами, швидкість реакції визначають рівнянням

$$\frac{dC}{dt} = kC^m C_1^n C_2^p C_3^q.$$

Зміст його такий: швидкість хемічної реакції між кількома речовинами пропорційна добутковій концентрації речовин-реагентів в ступенях числа молекул кожної речовини, що бере участь в реакції.

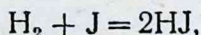
Хемічна рівновага. Хемічна рівновага настає за рівності швидкостей двох протилежних реакцій.

З'ясуймо це простіш на прикладі. Будемо тримати при певній, постійній, напр. 444° , температурі суміш рівних об'ємів (цебто і рівного числа молекул) газуватого йоду та водню й час від часу аналізуватимемо її. Отже, помітимо, що спочатку йод та водень будуть енергійно сполучатися в водень-йодид по реакції

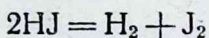


Але реакція з часом швидкість свою зменшить і нарешті зовсім зупиниться, не дійшовши до кінця. Після реакції утвориться лише 79% теоретичної кількості HJ.

Будемо при тій же температурі 444° тримати водень-йодид, тоді помітимо, що спочатку він хутко розкладається, далі розпад загаюється і, нарешті, зупиняється не дійшовши до кінця, коли весь розпад досяг 21%. За іншої температури встановлюється й інше співвідношення між йодом, воднем і водень-йодидом, але за кожної температури ми приходимо до однакового стану газуватої суміші, незалежно від того, чи ми виходимо з рівномолекулярної суміші водню й йоду, цебто спостерігаючи реакцію



чи виходимо з водень-йодиду і спостерігаємо реакцію



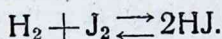
Такі реакції, що приводять до одного кінцевого стану, чи то ми виходимо з одної системи ($\text{H}_2 + \text{J}_2$) чи з другої, протилежної (2HJ), звуть оборотні реакції.

Пам'ятаючи, що говорилося про швидкість хемічних реакцій, легко з'ясувати описані явища сполучення йоду з воднем і розкладу водень-йодиду.

У міру перебігу реакції сполучення, кількість вільного йоду й вільного водню зменшується (цебто зменшується їхня концентрація), отже швидкість реакції $\text{H}_2 + \text{J}_2 = 2\text{HJ}$ мусить поступінно зменшуватися, але при цьому збільшується кількість водень-йодиду, цебто мусить збільшуватися швидкість реакції $2\text{HJ} = \text{H}_2 + \text{J}_2$. Очевидно, настане момент, коли швидкість цих двох протилежних реакцій буде однакова. Це й буде момент, коли встановиться хемічна рівновага, проте вся система з водню, йоду й водень-йодиду не перебуватиме в стані спокою,— система буде в

стані динамічної чи рухливої рівноваги, цебто, починаючи з цього моменту, за одиницю часу стільки молекул йоду й водню (разом, нарівно) сполучатиметься в водень-йодид, скільки молекул водень-йодиду розпадатиметься на йод та водень.

Обидві частини рівноважної системи з'єднується, як уже говорилося раніш, не знаком рівності, а двома рівнобіжними стрілками протилежних напрямків, напр.,



Якщо примусити взаємодіяти йод то водень довільними кількостями (нерівномолекулярними) і концентрацію йоду при рівновазі позначити C_{J_2} , концентрацію водню при рівновазі — C_{H_2} , концентрацію новоутвореного водень-йодиду — C_{HJ} , то швидкість реакції між йодом та воднем в момент рівноваги позначиться так :

$$k C_{\text{J}_2} \cdot C_{\text{H}_2}$$

Швидкість розпаду водень-йодиду в момент рівноваги позначиться через

$$k_1 C_{\text{HJ}}^2.$$

А що в момент рівноваги швидкості цих двох протилежних реакцій рівні, то

$$k C_{\text{J}_2} C_{\text{H}_2} = k_1 C_{\text{HJ}}^2$$

звідси

$$\frac{C_{\text{HJ}}^2}{C_{\text{J}_2} C_{\text{H}_2}} = \frac{k}{k_1} = K$$

де K , як відношення констант швидкостей реакцій (постійних величин), є також константа. Її звать константа рівноваги. Отже, константою хемічної рівноваги звать відношення константи швидкості прямої реакції до константи швидкості реакції оберненої, чи відношення добутку концентрацій продуктів реакції у відповідних ступенях до добутку концентрацій вихідних речовин також у відповідних ступенях.

Наведений короткий виклад учення про швидкість хемічної реакції й хемічну рівновагу є розвиток закону діяння мас (Гульдберга і Вааге): „Хемічне діяння за постійної температури пропорційне добуткові діючих мас“, при чому за „діючі маси“ вважають концентрації речовин-реагентів.

Трохи неозначений термін „хемічне діяння“ слід розуміти як швидкість хемічної реакції, тоді закон Гульдберга й Вааге набуває такої конкретнішої форми: „Швидкість хемічної реакції між кількома речовинами за постійної температури пропорційна добуткові концентрацій речовин-реагентів в ступенях числа молекул кожної з речовин, що йде на реакцію“. Докладніш за швидкість хемічної реакції та хемічну рівновагу говориться в курсах фізичної хемії. Для нашої мети досить наведених вище основних понять.

РОЗДІЛ III

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ ХЕМІЧНОЇ РІВНОВАГИ ДО ЕЛЕКТРОЛІТІВ

Візьмімо будь-який бінарний електроліт, цебто такий, в якого молекула розпадається на два йони, напр., NH_4OH , що розпадається у водному розчині на йони NH_4^+ і OH^- . Припустімо, що концентрація розчину така, що 1 грам-молекула NH_4OH , цебто 35 г, міститься в V л розчину; тоді в 1 л розчину маємо, очевидно, $\frac{1}{V}$ грам-молекул, цебто

$C = \frac{1}{V}$. Якщо ступінь дисоціації (не в відсотках, а в дробу, від загальної кількості) визначити через α , то з кожної грам-молекули NH_4OH утвориться α грам-йонів NH_4^+ і α грам-йонів OH^- і лишиться $1 - \alpha$ грам-молекули NH_4OH . А що об'єм розчину ми позначили V , то концентрація NH_4OH буде очевидно, $C_{\text{NH}_4\text{OH}} = \frac{1 - \alpha}{V}$, концентрація йону NH_4^+ буде $\frac{\alpha}{V}$, концентрація йону OH^- — також $\frac{\alpha}{V}$.

На підставі того, що говорилося вище, рівняння рівноваги для системи $\text{NH}_4\text{OH} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ буде

$$C_{\text{NH}_4\text{OH}} = K \cdot C_{\text{NH}_4^+} \cdot C_{\text{OH}^-}$$

або $\frac{1 - \alpha}{V} = K \frac{\alpha^2}{V^2}$ чи $\frac{(1 - \alpha)V}{\alpha^2} = K,$

$$\text{чи } \frac{\alpha^2}{(1 - \alpha)V} = \frac{1}{K} = K.$$

Величину K звать константа дисоціації. Рівняння $\frac{\alpha^2}{(1 - \alpha)V} = K$ позначає Оствальдів закон розведення. Закон цей в тому, що зміна концентрації (чи розведення) бінар-

ного електроліту викликає таку зміну ступеня дисоціації, що вираз $\frac{\alpha^2}{(1-\alpha)V}$ лишається постійною величиною, характерною для даного електроліту. Фізичний зміст константи дисоціації легко виявити. Припустимо, що ступінь дисоціації $\alpha = \frac{1}{2}$, цебто дисоціація дорівнює 50%; підставляючи вартість α в рівняння Оствальда, маємо:

$$\frac{\frac{1}{4}}{\left(1 - \frac{1}{2}\right)V} = K \quad \text{чи} \quad \frac{1}{2V} = K \quad \text{чи} \quad \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{V} = K$$

але за тим, що тільки не говорилося, $\frac{1}{V} = C$; значить, $\frac{1}{2} C = K$, цебто константа дисоціації числом рівна половині тої концентрації, що при ній ступінь дисоціації стає $\frac{1}{2}$ (цебто 50%), чи концентрація, що при ній ступінь дисоціації доходить $\frac{1}{2}$ (чи 50%), числом рівна подвійній константі дисоціації. З'ясуємо сказане.

В наступній таблиці наведено вартості α , знайдені з дослідів, і K , обчислені за Оствальдовим рівнянням, для NH_4OH в різних розведеннях (при температурі 25°).

V	α	K
8	0,0135	0,000023
16	0,0188	0,000023
32	0,0265	0,000023
64	0,0376	0,000023
128	0,0533	0,000023
256	0,0754	0,000023

Пересічно 0,000023

Ми бачимо, що, коли збільшити розведення (V), ступінь дисоціації (α) зростає, і при тому так, що $K = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)V}$ дійсно лишається постійною величиною. Підставляючи числову вартість K в рівнянні $\frac{1}{2} C = K$, маємо $C = 0,000046$,

цебто, щоб ступінь дисоціації NH_4OH дійшла $\frac{1}{2}$ (чи 50%), концентрація розчину мусить дорівнювати $0,000046 \frac{\text{гр-мол.}}{\text{літр}}$, чи 1 грам-молекула NH_4OH (35 г) мусить міститися в $\frac{1}{0,000046} = 21739$ л, цебто розчин мусить бути $\frac{1}{21739}$ нормальним (чи 0,000046 N.).

Наведімо ще таку ж таблицю для оцтової кислоти CH_3COOH , що дає йони $\text{CH}_3\text{COO}'$ і H^+ .

V	α	K
8	0,0119	0,0000180
16	0,0167	— 179
32	0,0238	— 182
64	0,0333	— 179
128	0,0468	— 179
256	0,0656	— 180
512	0,0914	— 180
1024	0,1266	— 177

Пересічно 0,0000180

Підставляючи числову вартість K в рівняння $\frac{1}{2} C = K$, маємо $C = 0,000036$, цебто, щоб дисоціація оцтової кислоти дійшла $\frac{1}{2}$ (чи 50%), концентрація розчину мусить дорівнювати $0,000036 \frac{\text{грам-молекуль}}{\text{літр}}$, або 1 грам-молекула оцтової кислоти (60 грамів) мусить міститися в $\frac{1}{0,000036} = 27778$ л, цебто розчин буде $\frac{1}{27778}$ нормальний (чи 0,000036 N.).

Ми бачимо, що до однакового ступеню дисоціації ($\frac{1}{2}$ або 50%) доходимо розводячи оцтову кислоту дужче за амоніак. Отже, сила оцтової кислоти менша за силу амоніяку (точніш — NH_4OH).

За пропозицією Оствальда мірою сили кислот і основ взято константу дисоціації: що більша константа дисоціації, то швидше (за більшої концентрації чи, все одно, за

меншого розведення) дійдемо даного ступеня дисоціації, інакше кажучи, що більша константа дисоціації, то більший ступінь дисоціації за даного розведення, то сильніша кислота або основа.

Проте, треба мати на увазі, що Оствальдів „закон розведення“ прикладати можна лише до слабих електролітів.

Якщо Оствальдове рівняння $\frac{\alpha^2}{(1-\alpha)V} = K$ написати як

$$\frac{\left(\frac{\alpha}{V}\right)^2}{1-\alpha} = K, \text{ де } \frac{\alpha}{V}, \text{ як говорили раніш, є концентрація кож-}$$

ного йону, $\frac{1-\alpha}{V}$ — концентрація недисоційованих молекул, то для сильних електролітів постійною (більш-менш достатню) величиною є відношення між $\left(\frac{\alpha}{V}\right)^3$ і $\left(\frac{1-\alpha}{V}\right)^2$

$$\text{цебто } \frac{\left(\frac{\alpha}{V}\right)^3}{\left(\frac{1-\alpha}{V}\right)^2} = K \text{ (рівняння Вант-Гоффа).}$$

Рудольфі запропонував для сильних електролітів рівняння.

$$\frac{\alpha^2}{(1-\alpha)\sqrt{V}} = K.$$

Обидва останні рівняння мають ту основну хибу, що це рівняння емпіричні, не мають теоретичного обґрунтування, а Оствальдове рівняння виходить з загальної теорії хемічної рівноваги.

Розгляньмо тепер, як впливають на ступінь дисоціації даного електроліту введені в розчин так звані однойменні йони, цебто йони тотожні з йонами, що виникли як продукт дисоціації даного електроліту. Напр., розгляньмо, як впливають на ступінь дисоціації NH_4OH введені в той же розчин додаткові йони NH_4^+ (приміром, розчиняючи в тому ж розчині сіль NH_4Cl , яка добре розчиняється і сильно дисоціює).

Як уже говорили, в розчині NH_4OH мусить встановитися рівновага між нейонізованими молекулами NH_4OH і йонами NH_4^+ та OH^- :

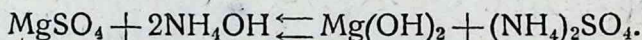
$$C_{\text{NH}_4\text{OH}} = k C_{\text{NH}_4^+} \cdot C_{\text{OH}^-}$$

або $\frac{C_{\text{NH}_4\text{OH}}}{C_{\text{NH}_4^+} \cdot C_{\text{OH}^-}} = k$ чи $\frac{C_{\text{NH}_4^+} \cdot C_{\text{OH}^-}}{C_{\text{NH}_4\text{OH}}} = K.$

Увівши в той же розчин сіль NH_4Cl , що добре розчиняється й сильно дисоціює, ми цим збільшуємо в розчині концентрацію йонів NH_4^+ (перший чинник чисельника лівої частини останнього рівняння); щоб K лишалось постійним, мусить зменшитися другий чинник, цебто концентрація йонів OH^- , що може трапитися лише через збільшення концентрації недисоційованих молекул NH_4OH , цебто зменшення ступеня дисоціації NH_4OH . Увівши в розчин NH_4OH достатню кількість NH_4Cl (цебто й йонів NH_4^+), можна остільки зменшити концентрацію йонів OH^- , що практично вони зникнуть з розчину, перейшовши до складу нейонізованих молекул NH_4OH .

З цього зменшення дисоціації електроліту, коли вводять до розчину однойменні йони, широко користуються в аналітичній хемії.

Відомо, напр., що осаджування солей магнезії розчином амоніаку ніколи не буває повне. Пояснюється це тим, що йони амонію, які є в розчині амоніаку, утворюють з аніонами соли магнезії розчин амонійної соли, яка сильно дисоціює й тим перешкоджає дисоціації NH_4OH , цебто перешкоджає утворенню йонів OH^- , потрібних для утворення осаду $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Це ясно видно з такого рівняння.

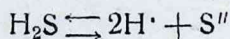


Відомо, що в розчин соли магнезії можна ввести стільки амонійної соли (вживається звичайно NH_4Cl), що дальша прибавка розчину амоніаку вже зовсім не спричинить утворення осаду $\text{Mg}(\text{OH})_2$; навпаки, увівши достатню кількість амонійної соли, можна розчинити осад $\text{Mg}(\text{OH})_2$, що утворився до цього від дії амоніаку на сіль магнезії.

Спосіб обчислення потрібної кількості амонійної соли наведемо далі. Зараз візьмімо другий приклад.

В аналітичній хемії, щоб відокремити металі третьої аналітичної групи від металів четвертої й п'ятої аналітичних груп, користуються з того, що металі третьої групи не осаджуються водень-сульфідом в кислому розчині, а металі четвертої та п'ятої груп осідають у вигляді метал-сульфідів. Таке різне відношення до водень-сульфіду в кислому середовищу пояснюється ось чим.

Водень-сульфід у водному розчині хоч і мало, але дисоціює:



Йони S'' і осаджують, напр., $\text{Fe} + \text{S}'' = \text{FeS}$.

Увівши в розчин кислоту (напр., хлоридну), ми порушуємо рівновагу $\frac{C_{\text{H}^+}^2 \cdot C_{\text{S}''}}{C_{\text{H}_2\text{S}}} = K$ тим, що збільшимо концентрацію

йонів H^+ коштом тих водневих йонів, що утворюються від дисоціації кислоти. Але збільшення концентрації йонів H^+ викликає зменшення концентрації йонів S'' (і збільшення концентрації нейонізованих молекул H_2S); а що осадження спричиняють йони S'' , зменшення їх концентрації зможе привести до того, що осадження FeS стане неможливим (через недостатню концентрацію йонів S''). З кислого розчину водень-сульфід осаджує лише ті металі, сульфіді яких надзвичайно мало розчиняються в воді, для осадження бо їх досить незначної концентрації йонів S'' .

Добуток розчинності. Абсолютно нерозчинних речовин ми не знаємо, і тому завжди можемо уявити собі, що над осадом є насичений розчин речовини, дисоціацію якої через дуже малу концентрацію (цебто, через велике розведення) слід вважати за повну. Розчинність речовин малорозчинних, навіть таких, як BaSO_4 , AgCl , FeS і т. ін., точно встановлено. Для кожної речовини розчинність (концентрація насиченого розчину) за даної температури є певно визначена постійна величина.

Якщо ми напишемо, напр., рівняння рівноваги між нейонізованими молекулами FeS (в розчині) й йонами Fe^{++} і S'' , що утворилися через дисоціацію розчиненого FeS , цебто рівняння

$$\frac{C_{\text{Fe}^{++}} \cdot C_{\text{S}''}}{C_{\text{FeS}_m}} = K,$$

то відразу помітимо, що раз концентрація FeS в розчині (розчинність FeS) є величина постійна за даної температури, то й добуток концентрацій йонів Fe^{++} і S^{--} буде величиною постійною. Очевидно, що з таким міркуванням можна підійти й до утворення всякого осаду, цебто: в присутності осаду добуток концентрацій йонів в розчині є величина постійна; цю постійну величину (константу характерну для даної речовини, даного розчинника і даної температури) звуть „добуток розчинності“.

Отже, утворення осаду можливе лише тоді, коли потрібні йони є в такій кількості, що добуток їхніх концентрацій принаймні, дорівнює добуткові розчинності даної речовини.

Наведемо вартості добутків розчинності деяких металевих сульфідів третьої та четвертої аналітичних груп (розчинник — вода з температурою 18°).

3 група	$[\text{Mn}^{++}] \cdot [\text{S}^{--}]$		$1,4 \cdot 10^{-16}$	4 г
	$[\text{Fe}^{++}] \cdot [\text{S}^{--}]$		$1,5 \cdot 10^{-19}$	
	$[\text{Zn}^{++}] \cdot [\text{S}^{--}]$		$1,2 \cdot 10^{-23}$	
	$[\text{Ni}^{++}] \cdot [\text{S}^{--}]$		$1,4 \cdot 10^{-24}$	
	$[\text{Co}^{++}] \cdot [\text{S}^{--}]$		$3 \cdot 10^{-26}$	
4 група	$[\text{Pb}^{++}] \cdot [\text{S}^{--}]$		$3,4 \cdot 10^{-28}$; $3,6 \cdot 10^{-29}$	
	$[\text{Cd}^{++}] \cdot [\text{S}^{--}]$		$3,6 \cdot 10^{-29}$; $5 \cdot 10^{-29}$	
	$[\text{Cu}^{++}] \cdot [\text{S}^{--}]$		$8,5 \cdot 10^{-45}$	
	$[\text{Ag}^+] \cdot [\text{S}^{--}]$		$1,6 \cdot 10^{-49}$	
	$[\text{Hg}^{++}] \cdot [\text{S}^{--}]$		$2 \cdot 10^{-49}$; $4 \cdot 10^{-53}$	

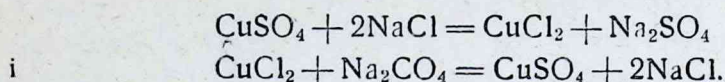
В цій таблиці $[\text{Mn}^{++}]$ позначено концентрацію йонів Mn^{++} , $[\text{S}^{--}]$ — концентрацію йонів S^{--} і т. ін.

Дві вартості добутку розчинності PbS , а також CdS і HgS визначено двома авторами й досі не встановлено, яка вартість справедливіша.

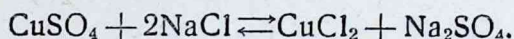
З таблиці бачимо, що для осадження металевих сульфідів четвертої аналітичної групи достатні концентрації йонів S^{--} значно менші за концентрації цих йонів для металів третьої аналітичної групи.

Напрямок реакцій подвійної виміни. Ще Бертолле наприкінці XVIII століття зазначав, що реакції подвійної виміни оборотні. Коли, напр., змішати розчин мідь-сульфату з

розчином натрій-хлориду, то йтимуть дві протилежні реакції:

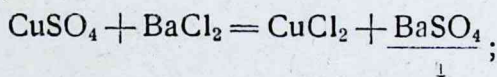


Обидва рівняння можна звести в такий вираз:



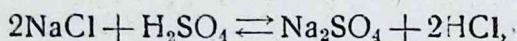
Отже, в розчині будуть всі чотири солі. Коли одна з таких речовин верочинніша (точніш — має малу розчинність) чи леткіша за інші, то процес іде лише в одному напрямку, протилежна бо реакція неможлива (точніш, практично не має значіння через занадто малу концентрацію одного з реагентів).

Напр, при взаємодії в розчині CuSO_4 та BaCl_2 реакція йде до кінця:



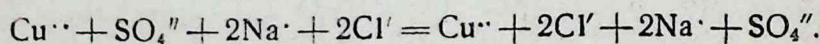
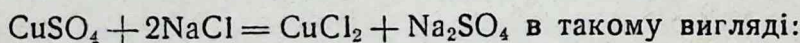
BaSO_4 у вигляді осаду виходить з розчину (практично — цілком) чи „з сфери реакції“, рівновагу всіх чотирьох солей порушується, і нові кількості CuSO_4 та BaCl_2 входять у взаємодію до того часу, поки буде CuSO_4 і BaCl_2 , які не входили ще в реакцію.

Коли до розчину NaCl прилити H_2SO_4 (хоч і міцної), не підігріваючи, то встановлюється рівновага



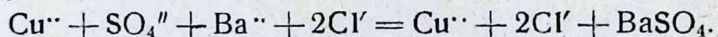
всі бо чотири речовини лишаються в розчині (1 об'єм води розчиняє за кімнатної температури 450 об'ємів газуватого HCl). Коли ж прилити кріпкої сульфатової кислоти до сухого натрій-хлориду, то HCl , як газ, після утворення йтиме геть з сфери дії, і реакція піде до кінця; те саме буде, якщо сульфатову кислоту прилити до розчину NaCl і нагріти, розчинність бо HCl (як і всякого газу) з підвищенням температури зменшується, отже утворений HCl виходить з сфери дії.

Якщо ми напишемо всі реакції, наведені у цьому параграфі, в знаках йонової теорії, то матимемо рівняння



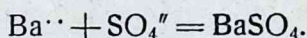
Ми бачимо в лівій і правій частині рівняння однакові йони; як зробити скорочення подібних членів в протилежних частинах рівняння, то від нього нічого не лишиться; це й є ознака, що реакція не йде до краю ні праворуч, ні ліворуч, а залишається в певнім стані рівноваги.

Рівняння $\text{CuSO}_4 + \text{BaCl}_2 = \text{CuCl}_2 + \text{BaSO}_4$ набуває такого вигляду:



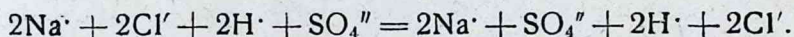
BaSO_4 ми позначаємо цілою молекулою, сіль бо ця нерозчинна (точніш — надзвичайно мало розчинна), цебто не дає йонів $\text{Ba}^{\cdot\cdot}$ і $\text{SO}_4^{\prime\prime}$ (точніше — утворює їх надзвичайно мало).

Після спрощення останнє рівняння матиме вигляд:

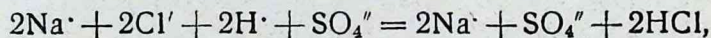


Зміст його такий: йони $\text{Ba}^{\cdot\cdot}$, потрапляючи на йони $\text{SO}_4^{\prime\prime}$ утворюють нейонізовані молекули BaSO_4 .

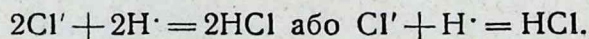
Рівняння взаємодії між NaCl в розчині й H_2SO_4 на холоду, а саме: $2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$ за йонним позначенням набуває такого вигляду:



де всі члени можна скоротити, цебто реакція оборотна. Але дію сульфатової кислоти на сухий натрій-хлорид чи на розчин натрій-хлориду за нагрівання доведеться в йонному позначенні записати так:



бо водень-хлорид за цих умов виходить з розчину і, значить, не дисоціює. Після спрощення подібних маємо:



Ми бачимо, що реакції подвійної виміни йдуть в бік утворення речовини, яка не дисоціює, через сполуку відповідних йонів у молекулі.

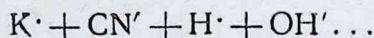
Гідролітична дисоціація або гідроліза. Як відомо, чиста вода не проводить електричного струму, малий бо ступінь дисоціації молекул H_2O на йони $\text{H}^{\cdot}$ і OH' . За Кольравшем абсолютно чиста вода при температурі 25° має питому електропровідність $0,054 \cdot 10^{-6}$ (в оборотних омах); за його

обчисленням при такій температурі йонізовано біля 1,8 мг води на 1000 кг. Але й на цю, здавалося, мізерно малу дисоціацію води доводиться вважати, пояснюючи деякі явища. Напр., відомо, що водні розчини солей слабких кислот і сильних основ (сода, калій-ціанід, боракс) мають лужну реакцію. Лужність реакції за йонною теорією обумовлюється йонами OH' , потрібною бо частиною кожної основи (й лугу) є група OH .

Зважаючи на дисоціацію води, хоч і малу, ми можемо уявити, що, напр., в розведеному розчині соди ми, крім цілих молекул H_2O й Na_2CO_3 , маємо йони $2\text{Na}\cdot + \text{CO}_3'' + \text{H}\cdot + \text{OH}' + \text{H}\cdot + \text{OH}'\dots$

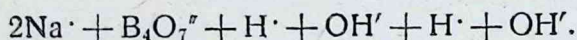
Але йони CO_3'' сполучаться з йонами $\text{H}\cdot$ в нейонізовані молекулі H_2CO_3 , бо карбонатова кислота H_2CO_3 — кислота слабка й мало дисоціює. Викресливши CO_3'' і $2\text{H}\cdot$, побачимо, що в розчині залишаються йони OH' , які, очевидно, і надаватимуть всьому розчинові лужної реакції.

У водному розчині калій-ціаніду ми маємо йони



А що ціанідна кислота HCN — кислота слабка і у водному розчині дисоціює мало, йони CN' сполучаються з йонами $\text{H}\cdot$ в нейонізовані молекулі HCN ; а залишкові йони OH' нададуть розчинові лужної реакції.

У водному розчині бораксу $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ є йони



А що тетраборатова кислота $\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$ — кислота слабка, то йони $\text{B}_4\text{O}_7''$ сполучатимуться з йонами $\text{H}\cdot$ в нейонізовані молекулі $\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$, а залишкові йони OH' нададуть розчинові лужної реакції. Йони OH' будуть в розчині, очевидно, лише тоді, коли сіль утворено *сильною основою*, інакше бо гідроксильні йони сполучалися б з йонами металю в нейонізовані молекулі. Отже, лужну реакцію мають в водному розчині ті солі, які утворено слабкими кислотами й сильними основами.

Солі сильних кислот і слабких основ, напр., CuSO_4 , FeSO_4 , FeCl_3 , $\text{AlCl}_3\dots$ мають у водному розчині реакцію кислу. Явище це пояснити можна тим, що гідроксильні йони води сполучаються з йонами металю в нейонізовані

молекулі основи, а залишкові водневі йони води надають розчинові кислій реакції.

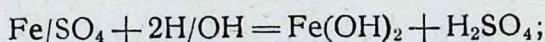
Напр., з $\text{Fe}^{\cdot\cdot} + \text{SO}_4'' + \text{H}^{\cdot} + \text{OH}' + \text{H}^{\cdot} + \text{OH}' \dots$ утвориться молекула $\text{Fe}(\text{OH})_2$, а зайві йони $\text{H}^{\cdot}$ нададуть розчинові кислій реакції.

Звичайно лужну реакцію водних розчинів солей сильних основ і слабких кислот пояснюють таким чином:



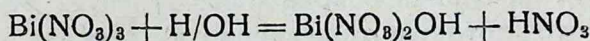
але H_2CO_3 мало йонізована (чому реакція і йде в напрямку утворення цієї сполуки), отже, йонів $\text{H}^{\cdot}$ і йонів CO_3'' буде мало; NaOH в водному розчині йонізовано сильно, значить, йонів $\text{Na}^{\cdot}$ і OH' буде багато; перевага гідроксильних йонів над числом йонів водневих і дасть лугувату реакцію розчину.

Кисла реакція водних розчинів солей сильних кислот і слабких основ пояснюється так:

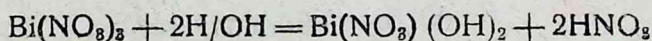


$\text{Fe}(\text{OH})_2$, як слабку основу, мало йонізовано, і тому йонів $\text{Fe}^{\cdot\cdot}$ та OH' в розчині буде мало; H_2SO_4 , як кислота сильна, йонізує до високого ступеня; перевага водневих йонів надає всьому розчинові кислій реакції.

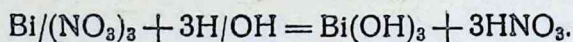
Останні двоє рівнянь доводять, що вода немов розкладає деякі солі (на основи й кислоти). Це явище здобуло назву *гідролізу* (розкладання водою). Розклад нормальної соли водою може й не доходити до повного розкладу на основу й кислоту, а зупинитися, напр., на утворенні основної соли. Відомо, що бісмутIII-нітрат $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$ з невеликою кількістю води дає розчин, цілком прозорий, який далі, коли до нього додавати води, дає все більшу каламуть і нарешті білий осад. Пояснюється це тим, що за незначної кількості води утворюється розчин концентрований, в якому бісмутIII-нітрат є лише в вигляді цілих молекул $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$; якщо розчин розводити, починається дисоціація молекул $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$ і стає можливою гідроліза за таким рівнянням:



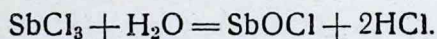
З дальшим розведенням йде реакція так:



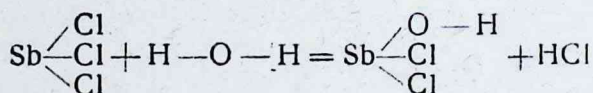
і нарешті,



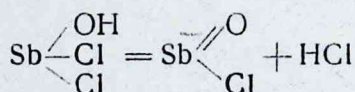
СтибійIII - хлорид розкладається водою до стибій - оксихлориду; тут звичайно подається таке рівняння:



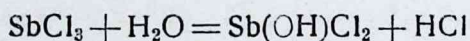
Напевне, спочатку йде реакція



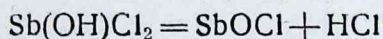
й далі відщепляється молекула HCl з основної соли $\text{Sb}(\text{OH})\text{Cl}_2$, а саме:



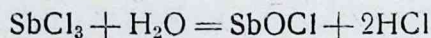
Складаючи двоє останніх рівнянь, а саме



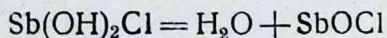
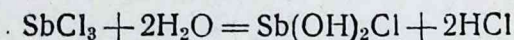
та



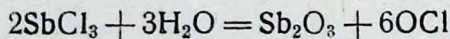
маємо те рівняння, що завжди подається в підручниках:



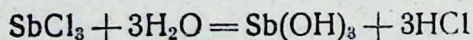
З більшою кількістю води можна подати й такі реакції:



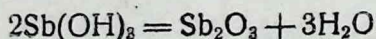
За великого лишку води стибійIII - хлорид розкладається до стибійIII - оксиду за таким рівнянням, як його звичайно подають:



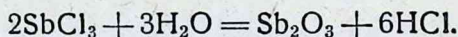
Щоб зрозуміти це рівняння досить згадати про гідролізу.



але $\text{Sb}(\text{OH})_3$, як слабка основа (його й звать то стибійIII - гідроксид, то ортостибітова кислота), втрачає свою воду й переходить в стибійIII - оксид:



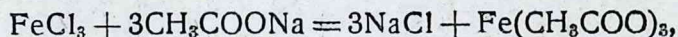
Складаючи останнє рівняння з подвійним попереднім, збудемо рівняння, що завжди подається в підручниках хемії:



Гідроліза — процес оборотний, а тому, збільшуючи кількість („діющу масу“) води, ми допомагаємо збільшенню ступеня гідролітичного розщеплення соли і, навпаки, додаючи кислоти (підкислення розчину), зменшуємо ступінь гідролізи.

Підвищення температури гідролізі допомагає. В цьому легко пересвідчитися: розчин залізоIII-хлориду, що має кислу реакцію від гідролізи, за кипіння, набуває дедалі червоніше забарвлення, збільшується бо ступінь гідролізи майже до повного розкладу FeCl_3 на залізоIII-гідроксид, що лишається в колоїдному розчині, і хлоридну кислоту.

Ацетати лужних металів дають в холодному розчині залізоIII-хлориду темнобуре забарвлення від реакції подвійної виміни:



а при кипінні випадає осад основного залізо-ацетату $\text{Fe}(\text{CH}_3\text{COOH})_3 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}(\text{CH}_3\text{COO})(\text{OH})_2 + 2\text{CH}_3\text{COOH}$.

Як бачимо з останніх прикладів, солі слабких кислот і слабких основ також гідролізуються, при чому кисла чи лужна реакція залежить від йонів, яких буде більше, водневих чи гидроксильних, цебто від того, що сильніше: кислота чи основа. Приклади інших солей слабких кислот і основ — $\text{Al}(\text{CH}_3\text{COO})_3$, $\text{Hg}(\text{CN})_2$, $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$.

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

1. Константа дисоціації (при 18°) HNO_3 — $4,5 \cdot 10^{-4}$; константа дисоціації HOCl — $3,7 \cdot 10^{-8}$; константа дисоціації HCN — $4,7 \cdot 10^{-10}$. За яким порядком поставимо ці три кислоти, зважаючи на їхню силу?

2. Яка сіль більш йонізована — натрій-хлорид чи натрій-ацетат, якщо розчини їх обидва $1/2$ -нормальні?

3. Яка сіль йонізовання більш — магnezій-хлорид чи калій-сульфат за однакової концентрації розчину (обчислюючи на еквіваленти)?

4. Яка сіль більш йонізована — амоній - хлорид чи амоній - сульфат, якщо обидва розчини 1-нормальні?

5. Яка сіль більш йонізована — барій - хлорид чи магнєзій - сульфат, якщо розчин в обох $1/4$ -нормальний?

6. Обчислити ступінь дисоціації 0,5 грам-молекул. розчину BaCl_2 , зважаючи на ступінь дисоціації KCl за тої ж концентрації (див табл.).

7. Обчислити ступінь дисоціації 0,05 грам-молекул. розчину MgSO_4 , зважаючи на ступінь дисоціації KCl за тої ж концентрації (див табл.).

8. Поясніть, чому барій - сульфат, коли його кип'ятити з великою кількістю кріпкого розчину соди чи стопити з великою кількістю соди, переходить в барій - карбонат?

9. Чому у водних розчинах за підігрівання реакція $2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$ іде до кінця, а реакція $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$ до кінця не доходить?

10. Чому в водних розчинах, коли підігрівати, реакція $2\text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{HNO}_3$ йде до кінця, а реакція $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{HNO}_3 = 2\text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ до кінця не доходить?

11. Йонною реакцією переведіть BaCl_2 в $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$.

12. Йонними реакціями переведіть NaCl в Na_2SO_4 і навпаки.

13. Йонними реакціями переведіть NaNO_3 в Na_2SO_4 і навпаки.

14. Йонною реакцією переведіть Na_2SO_4 в NaOH .

15. Йонною реакцією переведіть NaCl в NaNO_3 ; двома реакціями переведіть NaNO_3 в NaCl .

16. Двома йонними реакціями перевести NaCl в NaOH .

17. Двома йонними реакціями перевести NaCl в Na_2S .

18. Двома шляхами (в кожному — дві реакції) перевести BaSO_4 в BaCl_2 .

19. Двома реакціями перевести $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ в AlCl_3 ; те ж — однією реакцією.

20. Одною реакцією відокремити Ag з AgCl; те ж — двома реакціями.

21. З $MgCl_2$ відокремити Cl (електролізою користуватися не можна).

22. Як пояснити з погляду йонної теорії „розчинення“ металю в кислоті, напр., цинку в хлоридній кислоті?

23. Поясніть з погляду йонної теорії процес розчинення кальцій - карбонату в соляній кислоті.

24. Поясніть з погляду йонної теорії розчинення залізоII - сульфиду в хлоридній кислоті.

25. Якщо додати до концентрованого розчину калій - хлориду кріпкої хлоридної кислоти, то може осісти калій - хлорид. Чим це пояснити?

26. Коли до концентрованого розчину натрій - хлориду пропускають водень - хлорид, то осідає натрій - хлорид. Чим це пояснити?

27. Чому з розчинів солей тривалентного хрому амоній - сульфід осаджує не хромIII - сульфід, а хромIII - гідроксид?

28. Чому з розчинів солей алюмінію амоній - сульфід осаджує не алюміній - сульфід, а гідроксид - алюміній?

29. Чому відповідні реакції в водних розчинах не дають алюміній - сульфиду, хромIII - сульфиду, алюміній - карбонату, хромIII - карбонату?

30. Коли діяти розчином соди на розчин залізоIII - хлориду, то здобуваемо залізоIII - гідроксид і вуглекислий газ. Поясніть цей хемічний процес і напишіть рівняння.

31. Якщо на розчин цинкII - хлориду діяти розчином соди, то відокремлюється вуглекислий газ і осідає (цинкII - гідроксид. Напишіть рівняння.

32. Якщо діяти на розчин мідьII - сульфату розчином соди, то осідає основний мідьII - карбонат. Розберіть, які відбуваються при цьому реакції й напишіть рівняння.

33. Коли діяти на кріпкий розчин бісмутIII - нітрату розчином соди, то осідає основний бісмутIII - карбонат $Bi(OH)CO_3$. Напишіть рівняння.

34. Коли діяти на розчин магnezій-хлориду розчином соди, то випадає осад основного магnezій-карбонату. Напишіть рівняння.

35. Коли діяти на стибій-хлорид водою, кристали зникають, а замість їх утворюється густа біла каламуть. Якщо додати трохи соляної кислоти, каламуть зникає; коли тепер додати до прозорого розчину розчин соди, вілокремлюється вуглекислий газ і осідає метастибійна кислота. Пояснити всі реакції й написати рівняння.

36. За певної температури добуток розчинності речовини АВ дорівнює $1,32 \cdot 10^{-8}$. Обчислити концентрації йонів А' й В'.

37. Добуток розчинності речовини АВ₂ дорівнює 0,00621. Обчислити концентрації йонів А'' й В'.

38. Розчинність барій-сульфату в воді при 37,7° дорівнює $\frac{1}{37280}$ грам-молекул на літр. Обчислити „добуток розчинності“ при цій температурі.

39. Розчинність AgCNO в воді при 100° дорівнює 0,008 грам-молекул на літр. Скільки (в грам-молекулах) AgCNO можна розчинити в 1 л. водного розчину будь-якої іншої сріблової соли, що має 0,1 грам-йону Ag'?

40. Чому залізо-сульфід легко розчиняється в соляній кислоті, мідII-сульфід — надзвичайно важко?

41. Чому сульфід ніклевий і кобальтовий гірше розчиняються в хлоридній кислоті, ніж сульфід мангановий та залізовий?

42. При 440° в залютованій скляній посудині є суміш 2,74 грам-молекули HJ, 0,5 грам-молекули водню й 0,301 грам-молекули йоду (J₂). $K = \frac{C_{H_2} \cdot C_{J_2}}{C_{HJ}^2} = 0,02$. В яким напрямі піде реакція?

43. В залютованій посудині є 0,14 грам-молекули водню й 0,081 грам-молекули йоду. При 440° константа рівноваги $2HJ \rightleftharpoons H_2 + J_2$. $K = \frac{C_{H_2} C_{J_2}}{C_{HJ}^2} = 0,02$. Обчислити кількість (в

грам-молекулях) водень-йодиду, що утвориться за цих умов.

44. Азот та кисень при високих температурах сполучаючись переходять в азотII-оксид, при чому встановлюється рівновага $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$. Константа рівноваги $\frac{[NO]^2}{[N_2] \cdot [O_2]} = 0,0035$ при 2300° .

Скільки азотII-оксиду (в відсотках газуватої суміші) утвориться при цій температурі: 1) з повітря (79% азоту й 21% кисню об'ємових); 2) з суміші 40% кисню й 60 % азоту; 3) з суміші 80% кисню й 20% азоту? За якого початкового складу суміші азоту й кисню ми здобудемо азотII-оксиду найбільше?

45. Скільки грамів твердого NH_4Cl треба додати до суміші з 50 см³ 1-нормального розчину $MgCl_2$ й 50 см³ 1-норм. розчину NH_3 , щоб зник осад $Mg(OH)_2$? Щоб спростити розрахунки, вважайте, що об'єм розчину дорівнює об'ємові розчинника і в суміші ці обсяги не міняються, а дисоціація повна. Константа дисоціації $NH_4OH = 1,8 \cdot 10^{-5}$; добуток розчинності $Mg(OH)_2 = 1,22 \cdot 10^{-11}$.

ВІДПОВІДІ ТА РОЗВ'ЯЗАННЯ

1. За тим же порядком: найсильніше нітритова, найслабша ціанідна.

2. Обидві солі йонізовані до одного ступеня.

3. Однаково.

4. Амоній - хлорид йонізовано більше.

5. Барій - хлорид йонізовано більше.

6. Розчин барій - хлориду — 1 - норм.; ступінь дисоціації KCl в 1 - норм. розчині — 0,748; барій - хлорид дисоціює на одновалентні аніони (Cl') і двовалентні катіони (Ba), отже, ступінь його дисоціації буде $0,748^2$, цебто 0,56.

7. 0,53.

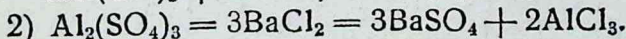
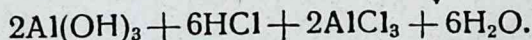
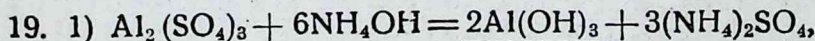
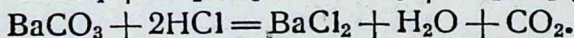
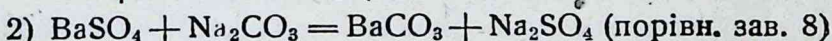
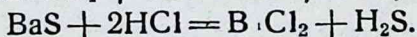
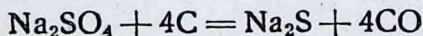
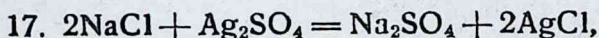
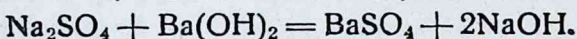
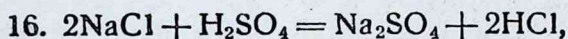
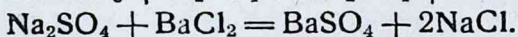
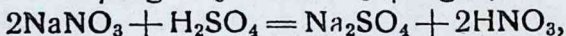
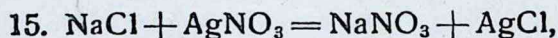
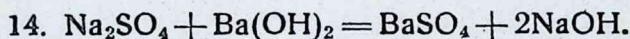
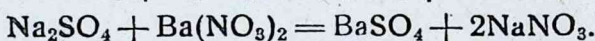
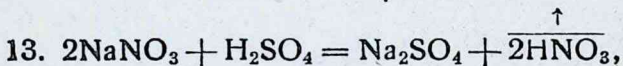
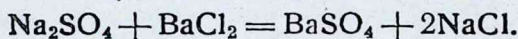
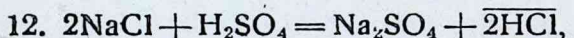
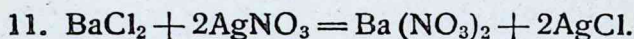
8. В оборотній реакції $\text{BaSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{BaCO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$ відношення $\frac{\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{BaCO}_3}{\text{BaCO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3}$, цебто відношення добутку діючих мас натрій - сульфату й барій - карбонату до добутку діючих мас барій - сульфату й натрій - карбонату буде постійна величина; за більшої чинної маси Na_2CO_3 мусить зменшитись маса чинна BaCO_4 й збільшитися BaCO_3 , цебто BaSO_4 повинен переходити в BaCO_3 .

9. Коли тільки розчин стає пересиченим відносно HCl, нові кількості HCl, тільки по утворюючись, будуть виходити з розчину у вигляді молекул HCl, і рівновага буде пересуватися на бік утворення HCl; розчинність HCl, як і кожного газу, з підвищенням температури зменшується.

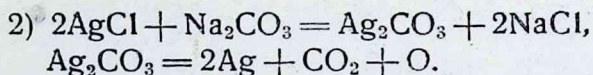
З погляду йонної теорії реакція $2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$ іде, як $\text{Cl}' + \text{H} = \text{HCl}$ тому, що взагалі реакції йдуть в бік утворення нейонізованих (через нерозчинність чи леткість) речовин. Коли б, навпаки, ми спробували реак-

цію повести, як $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$, хлорид водневий, нагріваючись, виходив би з розчину поза реакцією, бо NaCl і H_2SO_4 у водному розчині йонізовані.

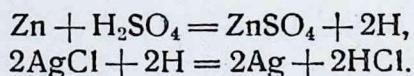
10. Див. відповідь на попереднє запитання.



20. 1) $\text{AgCl} + \text{H} = \text{Ag} + \text{HCl}$ (водень у момент зародження). (Порівн. № 142, розділ IV, ч. I).



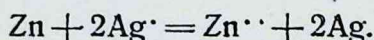
Спосіб перший часто-густо описують як „редукцію (відновлення) срібло-хлориду цинком (чи залізом) в присутності сірчаної кислоти“, досвід бо провадять таким чином: срібло-хлорид обливають розведеною сульфатовою кислотою і кладуть кусок цинку так, щоб він дотикався срібло-хлориду; тоді водень і редукує (в момент утворення) срібло на метал:



Склавши останні рівняння, маємо:

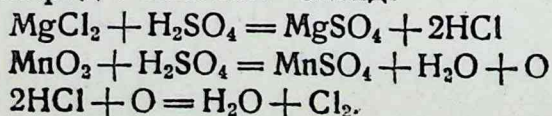


Через те що над срібло-хлоридом міститься насичений розчин срібло-хлориду, цілком дисоційованого через велике розведення (малу концентрацію), то з погляду йонної теорії процес редукції виявляється в тому, що атоми цинку забирають електричні заряди від йонів срібла й переходять в стан йонізації, йони же сріблові, загубивши заряди, переходять в атоми срібла; за такого тлумачення останнє рівняння набирає такого вигляду:

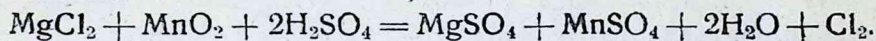


Другий спосіб редукції срібло-хлориду до металю полягає в тому, що срібло-хлорид прожарюють з содою. Срібло-карбонат в момент утворення розпадається на срібло, вуглекислий газ і кисень; а що обидва газу, утворюючись, виходять геть, весь процес необоротний й іде до кінця, цебто до цілковитої редукції срібло-хлориду.

21. Точнісінько, як здобувають Cl, діючи сульфатовою кислотою на натрій-хлорид і манганIV-оксид (порівн. розд. IV, стор. 29); треба діяти сірчаною кислотою на магnezій II-хлорид і манганIV-оксид:



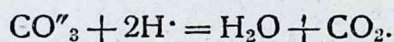
Ці три рівняння склавши й подібні члени спростивши, матимемо:



22. З рівняння $\text{Zn} + 2\text{H}^{\cdot} + 2\text{Cl}' = \text{Zn}^{\cdot\cdot} + 2\text{Cl}' + \text{H}_2$, чи спрощено $\text{Zn} + 2\text{H}^{\cdot} = \text{Zn}^{\cdot\cdot} + \text{H}_2$ видно, що процес полягає в тому, що два позитивні заряди переходять з йонів водню на атом цинку, при чому йони водню переходять у стан атомів водню, цебто з'єднуються в молекулу водню, яка виходить з розчину; а цинковий атом переходить в стан цинкового йону.

23. Кальцій-карбонат, хоч і замало, але розчиняється у воді; міцна (концентрована) хлоридна кислота, пит. вага 1,19, вміщає 37% HCl і 63% води (відношення вагове); розведена кислота містить ще більше води, отже, кальцій-карбонат у водному розчині може розпастися на йони, і реакція між кальцій-карбонатом і хлоридною кислотою так виглядатиме: $\text{Ca}^{\cdot\cdot} + \text{CO}''_3 + 2\text{H}^{\cdot} + 2\text{Cl}' = \text{Ca}^{\cdot\cdot} + 2\text{Cl}' + \text{H}_2\text{O} +$

$+ \text{CO}_2$, цебто спрощено:



Цебто реакція полягає в тому, що йони CO''_3 й $\text{H}^{\cdot}$ дають молекулі H_2O й CO_2 , а як CO_2 , утворюючись, іде геть з реакції, то процес між кальцій-карбонатом і хлоридною кислотою йде тільки в одному напрямі (необоротний).

24. Див. попередню відповідь.

25. Прибавляючи сильно йонізованого водень-хлориду, збільшуємо концентрацію йонів хлору, отож концентрація йонів калію мусить зменшуватись, щоб добуток концентрацій йонів був постійний, отже, калій-хлорид осідатиме.

Навіть у ненасиченому розчині натрій-хлориду достатня кількість добавлених йонів хлору з водень-хлориду доведе добуток концентрацій йонів до постійної величини „добутку розчинності“, і тоді почне частково осідати калій-хлорид.

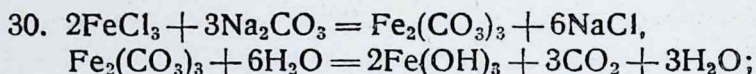
Загальне правило: збільшення однойменних йонів знижує розчинність даного електроліту.

26. Див. попередню відповідь.

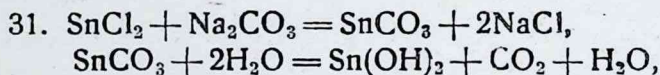
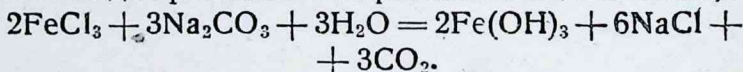
27. ХромІІІ - сульфід у момент утворення гідролітично розщеплюється: $\text{Cr}_2\text{S}_3 + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{Cr}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2\text{S}$.

28. Див. попередню відповідь.

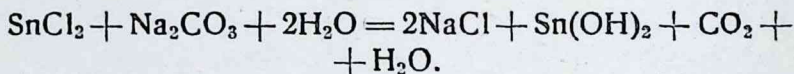
29. Див. відповідь на запитання 25.



склавши обидва рівняння і скоротивши подібні члени, маємо:

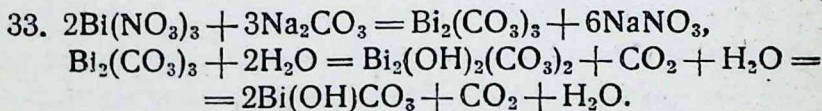
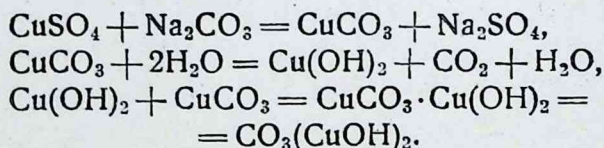


які в сумі дадуть:

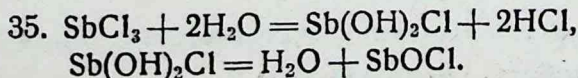
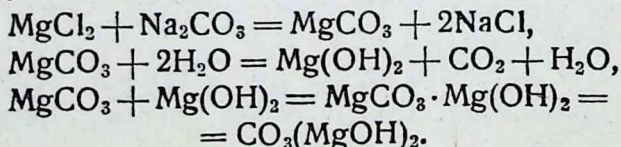


32. Основний мідьІІ - карбонат $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ чи $\text{CO}_3(\text{CuOH})_2$, що її структура $\text{O} = \text{C} < \begin{matrix} \text{O} - \text{Cu} - \text{OH} \\ \text{O} - \text{Cu} - \text{OH} \end{matrix}$

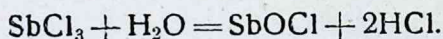
(порівн. розд. І, стор. 17) утворюється за такою реакцією між мідьІІ - сульфатом та содою:



34. Основний магnezій - карбонат, сіль $\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2$ чи $\text{CO}_3(\text{MgOH})_2$ випадає за таких реакцій:



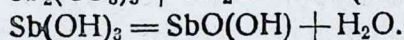
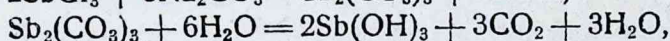
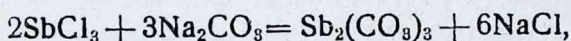
Ці рівняння в сумі дадуть звичайне рівняння, що наводять у підручниках:



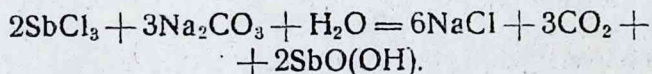
Структура SbOCl така: $\text{Sb} \begin{array}{c} \text{O} \\ \diagup \\ \text{Cl} \end{array}$.

Додаючи хлоридної кислоти, збільшуємо чинність маси HCl в рівновазі $\text{SbCl}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SbOCl} + 2\text{HCl}$ і пересуваємо рівновагу ліворуч, цебто зменшуємо кількість SbOCl і збільшуємо SbCl_3 , перешкоджаючи, таким чином, гідролізі.

Сода нейтралізує хлоридну кислоту за такими реакціями:



Сума двох перших і подвоєного третього дасть таке рівняння:



Метастибітова кислота остільки слаба, що за звичайної температури не реагує з содою (при нагріванні дає сіль $\text{SbO}(\text{ONa})$).

36. Позначивши концентрації йонів A' і B' як $[A']$ та $[B']$, маємо:

$$[A'] = [B']; \quad A' \cdot B' = [A']^2 = [B']^2 = 1,32 \cdot 10^{-8}; \\ A' = B' = 1,15 \cdot 10^{-4}.$$

37. $AB_2 \rightarrow A'' + 2B'$; концентрація йонів B' більша за концентрацію йонів A'' вдвоє, цебто $[B'] = 2[A'']$ чи за іншим позначенням: $C_{B'} = 2C_{A''}$; $C_{A''} \cdot (2C_{A''})^2 = 4C_{A''}^3 = 0,00621$; звідси

$$C_{A''} = \sqrt[3]{\frac{0,00621}{4}} = 0,1158; \quad C_{B'} = 0,2316.$$

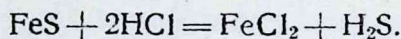
38. Дисоціацію розчиненого барій-сульфату (як і кожної іншої речовини, що мало розчиняється) треба вважати за повну; отже концентрація йонів Ba^{++} дорівнює

$$\frac{1}{37280} \frac{\text{грам-йонів}}{\text{літр}}, \text{ концентрація йонів } \text{SO}_4^{--} \text{ та сама.}$$

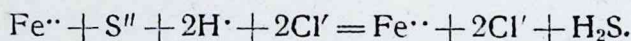
$$C_{\text{Ba}^{++}} \cdot C_{\text{SO}_4^{--}} = \frac{1}{37280} \cdot \frac{1}{37280} = 7,2 \cdot 10^{-10}.$$

39. $C_{Ag^+} = 0,008$; $C_{SNO^+} = 0,008$; $(0,008)^2 = (0,1 + x)x$, звідси $x = 0,00063 = 6,3 \cdot 10^{-4}$.

40. Напишемо рівняння



Над осадом залізоII-сульфіду є насичений розчин залізоII-сульфіду, що концентрацію його вимірюють „добутком розчинності“, цебто добутком концентрації йонів Fe^{++} та йонів S^{--} . Якщо додано хлоридної кислоти до осаду залізоII-сульфіду, утворимо систему, яка складається з FeS твердого (в осаді), FeS в розчині, цебто йонів Fe^{++} та йонів S^{--} (бо залізоII-сульфід в розчині слід вважати за цілком йонізований через велике розбавлення), йонів H^+ , йонів Cl^- , йонів Fe^{++} , йонів Cl^- і нейонізованих молекул H_2S , написане бо вище рівняння в йонній формі має такий вигляд:



Між нейонізованими молекулами H_2S і йонами H^+ та S^{--} мусить існувати відношення $\frac{[H^+]^2 \cdot [S^{--}]}{[H_2S]} = \text{Const.}$

Тим, що концентрація молекул H_2S є величина постійна за даної температури, добуток $[H^+]^2 \cdot [S^{--}]$ лишається теж постійним. Додана соляна кислота, цебто йони H^+ , збільшує концентрацію йонів H^+ , чому концентрація йонів S^{--} зменшиться (шляхом утворення нейонізованих молекул H_2S); якщо концентрація йонів S^{--} остільки зменшиться, що добуток концентрації йонів Fe^{++} і йонів S^{--} стане менший за „добуток розчинності“, тоді (й лише тоді), щоб придержати рівновагу між концентраціями H_2S , H^+ і S^{--} , утворюватимуться нові йони S^{--} , цебто FeS почне переходити в розчин.

Також можна пояснити й дію соляної кислоти на мідьII-сульфід.

З таблиці добутоків розчинності (див. табл.) видно, що лише знижуючи концентрацію йонів S^{--} до того ступеня, коли добуток концентрації йонів Fe^{++} й йонів S^{--} стає менший за $1,5 \cdot 10^{-19}$, ми починаємо розчинювати залізоII-сульфід.

Для початку ж розчинення мідьII-сульфіду треба концентрацію йонів S^{--} знижувати до ступеня, коли добуток

концентрацій йонів Si^{++} та йонів S^{--} становиться менший за $8,5 \cdot 10^{-45}$.

41. Див. попередню відповідь і табл. добутоків розчинності.

42. Очевидячки, що дані числа грам-молекул водень-йодиду, йоду та водню пропорційні концентраціям водень-йодиду, йоду й водню. Отже, щоб дати відповідь, в якому напрямі піде реакція, слід лише поставити

дані числа у вираз $\frac{C_{\text{H}_2} \cdot C_{\text{J}_2}}{C_{\text{HJ}}^2}$; якщо числова вартість цієї величини більша за K , цебто за $0,02$, то реакція піде в бік зменшення кількості йоду та водню й збільшення кількості водень-йодиду, цебто водень з'єднуватиметься з йодом аж поки $\frac{C_{\text{H}_2} \cdot C_{\text{J}_2}}{C_{\text{HJ}}^2}$ дорівнюватиме $0,02$; якщо ж числова вартість виразу буде менша за $0,02$, то йтиме реакція розпаду водень-йодиду.

Числова вартість $\frac{0,5 \cdot 0,301}{2,74} = 0,02$; отже, стан суміші не буде мінливий.

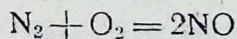
43. Реакція йде за рівнянням $\text{H}_2 + \text{J}_2 = 2\text{HJ}$, цебто на 1 грам-молекулю водень-йодиду треба $\frac{1}{2}$ грам-молекулі водню й $\frac{1}{2}$ грам-молекулі йоду. Якщо кількість водень-йодиду позначити x , то за рівноваги ми матимемо $(0,14 - \frac{x}{2})$ грам-молекул водню, $(0,081 - \frac{x}{2})$ грам-молекул йоду й x грам-молекул водень-йодиду.

З рівняння

$$\frac{(0,14 - \frac{x}{2})(0,081 - \frac{x}{2})}{x^2} = 0,02$$

найдемо $x = 0,149$.

44. З рівняння



видно, що на 1 грам-молекулю NO йде $\frac{1}{2}$ грам-молекулі азоту й $\frac{1}{2}$ грам-молекулі кисню. Об'єм газової суміші за даної реакції не міняється. Якщо початкова суміш

складається з 79% азоту й 21% кисню, а рівновага встановилась тоді, коли азотII-оксиду було $x\%$, то за рівноваги суміш складатиметься з $\left(79 - \frac{x}{2}\right)$ обсягових відсотків азоту, $\left(21 - \frac{x}{2}\right)\%$ кисню й $x\%$ азотII-оксиду. За законом Авогадро молекули газів рівнооб'ємні, отже співвідношення об'ємів трьох даних газів дорівнюватиме співвідношенню грам-молекул.

За умовою

$$\frac{x^2}{\left(79 - \frac{x}{2}\right)\left(21 - \frac{x}{2}\right)} = 0,0035.$$

Розв'яжімо рівняння в загальному вигляді. Якщо з суміші $a\%$ кисню й $b\%$ азоту утвориться $x\%$ азотII-оксиду, то

$$\frac{x^2}{\left(a - \frac{x}{2}\right)\left(b - \frac{x}{2}\right)} = K.$$

$$\text{Звідци } x = -\frac{K(a+b)}{4-K} + \sqrt{\frac{K^2(a+b)}{(4-K)} + \frac{4ab \cdot K}{4-K}}. \quad \text{Зва-}$$

жаючи на те, що K проти 4 дуже мале, та ще в другому ступені, можна написати:

$$x = \sqrt{Kab} - \frac{K(a+b)}{4}.$$

Тепер легко найти різні числові вартості x .

1) Для повітря, що його суміш вміщає 21% кисню й 79% азоту,

$$x = \sqrt{0,0035 \cdot 21 \cdot 79} - 25 \cdot 0,0035 = 2,41 - 0,09 = 2,32.$$

2) Для суміші 40% кисню й 60% азоту

$$x = \sqrt{0,0035 \cdot 40 \cdot 60} - 25 \cdot 0,0035 = 2,90 - 0,09 = 2,81.$$

3) Для суміші 80% кисню й 20% азоту

$$x = \sqrt{0,0035 \cdot 80 \cdot 20} - 25 \cdot 0,0035 = 2,37 - 0,09 = 2,28.$$

Щоб розв'язати питання початкового складу суміші для максимального виходу азотII-оксиду, слід зважити на те,

що x залежить від вартості добутку ab . Сума чисел a й b завжди дорівнює 100; очевидно, добуток ab матиме максимальну вартість за $a=b=50$, цебто максимальний добуток оксиду азотого буде з суміші рівних об'ємів азоту й кисню.

До цього можна прийти й таким чином:

$$a + b = 100; \text{ отже } b = 100 - a,$$

цебто x є функція одного незалежного змінного, саме a ,

$$x = \sqrt{Ka(100 - a)} - 25K.$$

Щоб найти вартість a , що при ній x стане за максимум, треба взяти похідну x по a й прирівняти її до нуля.

$$\frac{dx}{da} = \frac{1}{2\sqrt{Ka(100 - a)}} \cdot K(100 - 2a).$$

Вираз цей дорівнює 0 лише за $a=50$.

45. Над осадом $Mg(OH)_2$ є насичений розчин $Mg(OH)_2$, що його концентрація за даної температури є певна величина. $Mg(OH)_2$ знаходиться в розчині частинно у вигляді молекул $Mg(OH)_2$, частинно у вигляді йонів Mg^{++} і OH' , як то показує рівняння

$$[Mg^{++}][OH']^2 = K[Mg(OH)_2] = L$$

(добуток розчинності).

Тому осад $Mg(OH)_2$ зникатиме в такому розчині, коли концентрація гідроксильних йонів буде

$$[OH'] = \sqrt{\frac{L}{[Mg^{++}]}}.$$

Крім того, для розчину має місце й таке рівняння рівноваги:

$$[NH_4^+][OH'] = K[NH_4OH].$$

Тому що ступінь дисоціації NH_4OH занадто малий, йони NH_4 в розчині будуть лише від дисоціації розчиненого NH_4Cl .

Концентрація йонів амонію відповідає рівнянню

$$NH_4^+ = \frac{K[NH_4OH]}{[OH']} = K[NH_4OH] \cdot \sqrt{\frac{Mg^{++}}{L}}.$$

Щоб здобути такої концентрації, в 100 см³ $\left(\frac{1}{10} \text{ л}\right)$ суміші розчинів магnezій-хлориду й амоніяку треба розчинити амоній-хлориду:

$$x = K[NH_4OH] \sqrt{\frac{Mg^{++}}{L}} \cdot \frac{M}{10} \text{ г},$$

де M — мол. вага NH_4Cl .

В цьому рівнанні $K = 1,8 \cdot 10^{-5}$; $[NH_4OH]$ можна взяти 0,5 $\frac{\text{грам-молек.}}{\text{літр}}$ (1 - нормальний бо розчин NH_3 розведено рівним об'ємом розчину $MgCl_2$), де через малу дисоціацію будуть майже виключно цілі молекули NH_4OH . Тому що осаду тепер не буде, весь магnezій у розчині, концентрацію Mg^{++} беремо 0,5 $\frac{\text{грам-еквів.}}{\text{літр}}$, нормальний бо розчин $MgCl_2$ розбавлено рівним об'ємом розчину амоніяку, а для спрощення обчислень дисоціацію солей вважаємо за повну; $L = 1,22 \cdot 10^{-11}$; $M = 53,5$.

Вставляючи числові вартості в рівняння, маємо:

$$x = 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 0,5 \sqrt{\frac{0,5}{1,22 \cdot 10^{-11}}} \cdot \frac{53,5}{10} = 9,75 \text{ г}.$$

ЗМІСТ

Від автора

ЧАСТИНА I

I. Складання формул. Структурні формули	
II. Обчислення молекулярної ваги та відсоткових формул	
III. Находження найпростішої (емпіричної) формули	
IV. Складання рівнянь	
V. Обчислення вагових співвідношень, на основі хемічних формул	
VI. Закон Авогадро	
VII. Відношення газів до зміни тиску й температури (закон Гей-Люссака)	52
VIII. Дисоціація газів	55
IX. Мішані завдання	57
Відповіді та розв'язання	62

ЧАСТИНА II

I. Електролітична дисоціація (йонізація)	99
II. Швидкість хемічної реакції	106
III. Застосування теорії хемічної рівноваги до електролітів. Добуток розчинності. Напрямок реакцій подвійної виміни. Гідролітична дисоціація або гідроліза	111
Запитання та завдання	123
Відповіді та розв'язання	128

